

624.2/8

A-93

Ch.S. Raupov, A.A. Ashraboʻv

FOYDALANISHDAGI TRANSPORT INSHOOTLARINING ISHONCHLILIGI



Toshkent—2014

624.2/8

A 93

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

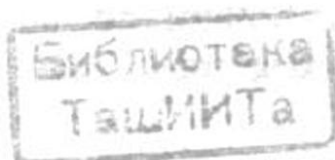
A 38

Ashrabov A.A., Raupov Ch.S.

FOYDALANISHDAGI TRANSPORT INSHOOTLARINING ISHONCHLILIGI

I QISM

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan 5A340603 – «Ko'priklar va transport
tonnellari ekspluatatsiyasi» mutaxassisligi magistratura
talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*



TO'SHKEHT
"VORIS-NASHRIYOT"
2014

515002

UO'K: 624.21.03-192(075.8)

KBK: 85.11(5)

A 38

Taqrizchilar:

Eshonxo'jayev A.O., t. f. d., prof., TAYI ning «Ko'priklar va transport tunnellari» kafedrası mudiri;

Raxmonov O'.E., t.f.n., ToshTYMI ning «Ko'priklar va tunnellar» kafedrası dotsenti,

85.11(5)

Ashrabov, A., Raupov Ch.

A 38

Foydalanishdagi transport inshootlarining ishonchliligi: o'quv qo'llanma / A.A.Ashrabov, Ch.S.Raupov; O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. — Toshkent: Voris-nashriyot, 2014. — 128 b.

ISBN 978-9943-4215-3-0

O'quv qo'llanmada bino va inshootlar konstruksiyalari ishonchlilik nazariyasining asosiy qoidalari, elementlarni ishonchlilikka amaliy hisoblashda foydalaniladigan asosiy terminologik tushuncha va ta'riflar berilgan. Konstruksiyalardagi nuqson va rad qilishlarning tushuncha va sinflanishi, inshootlardan foydalanish davrida uning texnik holatini hisobga olib konstruksiya va inshootlar ishonchliligi tadqiqotining asosiy jihatlari (aspektlari) va tahliliy tamoyillari, inshootlar ishonchliligini aniqlovchi asosiy omillar yoritilgan. Qurilish konstruksiyalarini hisoblash usullari rivojlanishining qisqacha tarixiy bayoni bilan birga o'quv qo'llanmada yuk va materiallar xossalariining o'zgaruvchanligini tavsiflaydigan chegaraviy holatlar usulining yarim ehtimollik mohiyati keng ko'rib chiqilgan hamda hisobiy koeffitsiyentlar tizimining mukammal izohi berilgan.

Qo'llanmaning hamma bo'limlarida amaliy ahamiyatga ega bo'lgan, murakkabligi har xil darajadagi masalalarni yechish misollari keltirilgan.

UDK: 624.21.03-192(075.8)

KBK: 85.11(5)

ISBN 978-9943-4215-3-0

© Voris-nashriyot, 2014

KIRISH

Mazkur o'quv qo'llanmaning vazifasi «Foydalanilayotgan transport inshootlari ishonchliligi» fanini o'rganayotgan magistrantlarga yordamlashish, qurilish konstruksiyalari ishonchliligi nazariyasiga oid murakkab tushunchalar va undan transport obyektlarini takomillashtirishda uni qo'llash imkoniyatlarini ko'rib chiqishdan iborat.

Qurilish hamda transport inshootlaridan foydalanishda ishonchlilik nazariyasini qo'llashning asosiy yo'nalishi — me'yorlashtirishdir. Chegaraviy holatlar uslubiyoti qo'llangan zamonaviy loyihalashtirish me'yorlari ishonchlilik nazariyasi qoidalariga asoslangan.

Zamonaviy ishlab chiqarish ko'lamlari oqibatida ommaviy ravishda bir xil (o'xshash) obyektlar tayyorlab chiqariladi. Biron-bir obyektning ishonchliligini bilmay turib uning amaliy qo'llanish samaradorligini baholab bo'lmaydi. Bunda ishonchlilik mahsulot sifatining yagona bo'lmasa ham, eng umumiy ko'rsatkichi bo'lib keladi. Har qanday mahsulot sifatining muhim ko'rsatkichi mahsulotning uzoq muddat xizmat qilishi va ta'mirga yaroqliligi hisoblanadi. Obyektlar ishonchliligi aniq aprior (avvaldan ma'lum) hisoblab bo'lmaydigan ko'plab tasodifiy omillarga bog'liq. Obyekt (tizim)lar ishonchliligini ta'minlash qurilishdagi eng muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Bu muammo so'nggi yillarda ikki asosiy sabab tufayli og'irlashib bordi.

Birinchi sabab — obyektlarning tizim sifatida o'ta murakkablashib ketishi: zamonaviy obyektlar, inshootlardagi elementlar miqdori juda ko'p bo'lishi mumkin; ularning o'zaro muvofiqlashuvi tarzi murakkab va turli-tumandir; tizim funksiyalari va uning atrof-muhit bilan o'zaro aloqalari ham bir muncha murakkab; bunday sharoitda nisbatan kichik va mahalliy nuqsonlar qurilish tizimlari faoliyati buzilishiga yoki butkul ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Bu

holat entropiya — ya'ni butun tizim betartibligining keskin ortishini keltirib chiqaradi. Entropiya o'sishi natijasida tizimlarning ishdan chiqishi yoki uning ish qobiliyati pasayishi ehtimoli ortadi.

Ikkinchi sabab — ko'plab tizim(obyekt)lar ancha mas'uliyatli funksiyalarga egaligi bilan izohlanadi. Masalan, ko'priklar milliy va mintaqaviy ahamiyatga ega. To'g'onlar, atom elektrostansiyalari, metro va tonnellar, stadionlarni ham shu qatorga kiritish mumkin. Bunday tizimlar funksiyasining ishdan chiqishi katta moddiy va ma'naviy yo'qotishlarga, shuningdek odamlar orasidagi qurbonlarga olib kelishi mumkin.

Yuqorida aytilganlar sun'iy transport inshootlarini loyihalashtirish, qurish va ulardan foydalanish sohalariga ham bevosita taalluqli. Biroq, ishonchlilik tushunchasining o'zi, shuningdek uni baholash mezonlari va usullari sanoat apparaturalari, mashina va mexanizmlari hamda boshqa texnika moslamalarining ishonchliligini baholash uchun ishlab chiqilgan mezonlar va usullarga nisbatan qator o'ziga xos xususiyatlariga ega. Ushbu xususiyatlarga quyidagilar kiradi:

- sun'iy transport inshootlari konstruksiyalarini tayyorlash uchun qo'llanadigan materiallarning ko'p jihatdan bir turda bo'lmasligi;

- alohida konstruksiyalar, ayniqsa yaxlit sun'iy inshootlar uchun ishdan chiqmay ishlash vaqti taqsimoti funksiyasini qurish va uni tahliliy bayon etish uchun ma'lumotlar olish murakkabligi, qator hollarda esa buning amaliy jihatdan iloji yo'qligi;

- elementlar bo'yicha zaxiralash, ya'ni tizimga asosiy elementlar bilan birga qo'shimcha (zaxira) elementlarni parallel ulash usulining iloji yo'qligi yoki maqsadga nomuvofiqligi;

- sun'iy transport inshootlari konstruksiyalarining ishlash va ulardan foydalanish sharoitlarining favqulodda turli-tumanligi; ko'p hollarda ish sharoitlari o'ta kichik darajada rostdash (muvofiqlashtirish) mumkin bo'lgan iqlimiy va geofizik omillar bilan belgilanadi;

- sun'iy transport inshootlari konstruksiyalarining texnik moslamalarga nisbatan ancha uzoqroq muddat ekspluatatsiya qilinishi.

So'nggi shart juda muhim bo'lib hisoblanadi, chunki inshootlar konstruksiyalari ishonchliligini baholashda ish sharoitlarini aniqlash va uni sharhlash masalasi faqat statistika jihatidan ehtimol tutilgan holatdagina hal etilishi mumkin. Bu sharoitni ayniqsa xossalari tashqi muhit ta'sirida jiddiy o'zgarishi mumkin bo'lgan materiallardan yasalgan konstruksiyalar ishining ishonchliligini baholashda hisobga olish talab etiladi.

Ishonchlilik nazariyasi turli texnika sohalarida statistika ma'lumotlarini yig'ish, ishdan chiqish mohiyatini o'rganish, shuningdek ishonchlilikni baholash usullarini takomillashtirib borish asosida rivojlanib bordi. Statistika ma'lumotlari va nazariy ishlanmalar ko'payib borgan sari, tizimlar ham elementlar soni va ularni ulash usullari hisobiga murakkablashib bordi. Ammo ularning prinsipial modeli ishonchlilik darajasini aniqlash masalasini hal qilishga yo'llanganligi jihatidan o'zgarmas bo'lib qolaveradi. Asosan *eskirayotgan tizim*, ya'ni vaqt tufayli yemirilayotgan (nobud bo'layotgan) tizim ko'rib chiqiladi. Masalan, tizimda ishdan chiqishga olib keladigan ehtimoliy buzilishlarning taqsimlanish qonuni va ishdan chiqishlarga oid statistika ma'lumotlari (masalan, ishdan chiqishlar jadalligi) ma'lum bo'lsa, mexanik tizimlarning ishi $t_1, t_2, \dots, t_i$ vaqtida ular ish qobiliyatining shartli ehtimolligini aniqlashdan iborat. Masalaning ishonchlilik miqdor ko'rsatkichlari birinchi navbatda vaqt bilan bog'langan holda qo'yilishi fizik, kimyoviy, tabiiy-iqlimiy va boshqa jarayonlar oqibatida ishdan chiqadigan mahsulot (obyekt)larga nisbatan to'g'ri, hatto zarur hisoblanadi.

Asosiy omillar aksariyat qismining miqdoriy bayoni ular transport inshootlari konstruksiyalari bilan amalda birga ishlagan sharoitdagi murakkab jihatlari bilan konstruksiyalarning qurilish xossalari, shuningdek ular uchraydigan yuk va ta'sirlarning o'zgaruvchanligini hisobga olgan holda amalga oshirilishi lozim. Ko'rsatilgan sababga binoan konstruksiyalar xossalari fizik-mexanik ko'rsatkichlarining o'zgaruvchanlik qonuniyatlarini, shu bilan birga yuk va ta'sirlarni o'rganish sun'iy transport inshootlari ishonchliligi nazariyasini qurishda eng muhim shart va asos bo'lib

hisoblanadi. Ushbu qonuniyatlar, asosan, ikki yo'l bilan aniqlanishi mumkin.

Birinchi yo'l konstruksiyalar, yuk va ta'sirlarning o'zgaruvchanligini keltirib chiqaradigan tabiiy fizik omillarning vaqtga bog'liq holda rivojlanishini o'rganishga asoslanadi. Ushbu yo'lni ro'yobga chiqarish o'zining asosiy qismlari sifatida ichiga quyidagilarni olgan ishonchlilikning fizik nazariyasini yaratish uchun asos bo'lishi mumkin:

- konstruksiya materiallari hamda asos gruntining fizik-mexanik va boshqa xossalari vaqtga bog'liq holda, amaldagi ishlash (foydalanish) shart-sharoitlaridan kelib chiqib, ularni prognoz (bashorat)lash imkonini beradigan o'zgarishi nazariyasini;

- ular qiymatini belgilab beradigan real tabiiy jarayonlar va ushbu jarayonlarning vaqt davomida rivojlanishini hisobga olgan holda yuklar va ta'sirlarning shakllanish nazariyasini;

- ularning tuzilmasi, olinish yoki shakllanish shart-sharoitlari, ichki nuqsonlar mavjudligi va ularning yuk va tabiiy-iqlimiy omillar ta'sirida rivojlanishini hisobga olib konstruksiyalar materiallarining deformatsiyalanish va sinish nazariyasi.

Zamonaviy ilm-fan bugungi kunda nomi keltirilgan nazariyalarni, demak, ishonchlilikning fizika nazariyasini ham yaratish uchun to'la hajmli amaliy imkoniyatlarga ega emas.

Konstruksiyalar, yuk va ta'sirlar xossalari o'zgaruvchanligi qonuniyatlarini aniqlashning *ikkinchi yo'li* ma'lumotlarga matematika statistikasi va ehtimoliylik nazariyasi usullari yordamida aniqlangan tajriba ma'lumotlarini umumlashtirishga asoslangan. Bunda ko'rib chiqilayotgan obyektlar xossalari o'zgaruvchanligini belgilab beradigan fizika jarayonlarini o'rganish, muhim bo'lishiga qaramay, qo'shimcha ko'rinishga ega va u yuz berayotgan jarayonlarning sifat jihatlariga aniqlik kiritish imkonini beradi. Ushbu ikkinchi yo'l bugungi kunda umumiy qabul qilingan yo'l hisoblanib, ishonchlilik nazariyasining fizika-matematika parametrlari qismining asosini tashkil etadi. Ko'rib chiqilgan yondashuv mazkur ishda asos sifatida qabul qilingan bo'lib, bu ishning qurilish tuzilmasini, materialni bayon etish mazmuni va yo'nalishini belgilab berdi.

TRANSPORT INSHOOTLARI KONSTRUKSIYALARI ISHONCHLILIGINING ASOSIY QOIDALARI VA TAVSIFLARI

1.1. Umumiy qoidalar

Borgan sari sifati yuqoriroq bo'lgan transport inshootlarini loyihalashtirish va qurish qurilishning texnik taraqqiyot asosini tashkil etadi [11]. Transport inshootlari konstruksiyalari sifat-liligining ustuvor belgisi — ularning ishonchliligi hisoblanib, u fizik-mexanik, geometrik, hisoblash va foydalanish (ekspluatatsiya) tavsiflari majmuini birlashtirgan miqdoriy statistika ko'rsatkichidir. Biroq, inshoot naqadar murakkabroq va ko'p maqsadga mo'ljallangan bo'lsa, uning ishonchliligini ta'minlash shu qadar qiyin, chunki u turli-tuman vazifa (funksiya)larni bajarish uchun murakkab tizimga aylanib qoladi. Qurilish tizimlari tarkibidagi konstruksiyalarning foydali funksiyalarini tavsiflaydigan va ularning foydalanish talablariga muvofiqligi darajasini belgilab beradigan foydalanishga oid xossalarning yig'indisi ularning sifatini tashkil etadi. Qurilish tizimlarining asosiy xossalari (mustahkamlik, turg'unlik, xavfsizlik)dan tashqari, estetik talablar, qulaylik talablari kabi qator qo'shimcha talablar ham qo'yilishi mumkin.

Inshoot mavjudligining dastlabki kunlaridan uning alohida tugun (uzel) va konstruksiyalarida o'zgarishlar boshlanib, ular tavsiflar va ko'rsatkichlarning yomonlashuvida aks etadilar. Ushbu o'zgarishlarning ahamiyati va jadalligi turlicha: bir xillari ekspluatatsiya sifatlarining yomonlashuviga sabab bo'lsa, boshqalari — falokatlar va butun boshli inshootning sinishiga olib keladi; ulardan ba'zilari tezda bartaraf etilsa, yana boshqalarining oldini olishning umuman imkoni yo'q; bir turdagisi vaqtga bog'liq tarzda asta-sekin va muttasil ravishda kechsa, yana boshqasi — tasodifan, birdaniga va kutilmaganda ro'y beradi. Lekin, barcha o'zgarishlar

muayyan vaqt o'tgach, mahsulot ishlash imkoniyatini izdan chiqaradi (berilgan vazifalarini bajara olmasligi yoki sinishi). Shunday qilib, inshootning butun normal ishlash muddati davomida uning butunlay yoki ba'zi qismlarining ishdan chiqish ehtimoli mavjud bo'ladi. Ana shunday ehtimol qancha kam bo'lsa, inshoot shuncha ishonchli bo'ladi.

Inshootning qurilish tizimi vazifasidagi sifati undan *foydalanish* uchun belgilangan barcha davr davomida saqlanib turishi lozim. Foydalanish tushunchasi o'z ichiga nafaqat qurilish tizimining foydali ishlab turishini, balki uni tayyorlashdan to demontaj yoki buzishgacha bo'lgan amaliyot (operatsiya)lar yig'indisini ham oladi. Sifat ishlash jarayonidagina emas, balki, masalan, tiklash yoki tashish (joydan joyga ko'chirish) jarayonida ham yo'qotilishi mumkin. Sifatni saqlab qolish masalasi jiddiy ahamiyatga ega. Real tizim doim loyiha mohiyatini tashkil etgan ideallashtirilgan tizimdan u yoki bu darajada farq qiladi. Bu farq ko'p sonli texnologiya nomukammalliklar, butlovchi elementlarning nomuvofiqligi kabilar bilan belgilanadi. Real tizimdan foydalanish shart-sharoitlari ham loyihalashtirish bosqichida ko'rib chiqilganidan jiddiy farqlanishi mumkin. Shu sababli real tizimning ishlash parametrlari hisobiy qiymatlardan ancha yiroq bo'lib chiqishi mumkin. Shunday qilib, tizim sifatining zarur darajasi ta'minlanmaganligi sababli u yetarlicha samara bermaydi.

Tizimlar ishonchliligini baholash usullarini ishlab chiqish, ishonchlilik va uzoq muddat ishlashga oid berilgan ko'rsatkichlarga ega tizimlarni yaratish **ishonchlilik nazariyasining** mazmunini tashkil etadi. Bunda ishonchlilik nazariyasining matematika apparati vazifasini ehtimoliylik nazariyasi va matematik statistika bajarishini aytib o'tish lozim. Ishonchlilik nazariyasi bo'yicha ishlar taraqqiyotini uch davrga bo'lib o'rganish mumkin.

Birinchi davrda (XX asrning 60-yillar boshlanishiga qadar) asosan matematik ishonchlilik nazariyasi tarqalgan edi. Bunda ishdan chiqishlar ularni keltirib chiqaradigan sabablardan ayrim holda ko'rib, tizim (obyekt)lar elementlarining ichki xossasi deb olinar edi. Ishdan chiqishlar oqimi (ketma-ketligi) eng sodda, ishdan chiqishga qadar ishlash taqsimoti esa eksponentsal jarayon

deb qaralgan. Bunday yondashuv radioelektronika mahsulotlariga nisbatan bir qadar to'g'ri bo'lib, aslini aytganda, o'sha davrda ishonchlilik nazariyasi aynan ushbu soha manfaatlari uchun yaratilgan edi.

Ikkinchi davr (XX asrning 60-yillari) ham radioelektronika, ham metallarga ishlov berish, mashinasozlik bilan bog'liq qator boshqa sohalarda ham mahsulotlarning ishdan chiqishiga oid statistika ma'lumotlari yig'ish ishlarining keng ko'lam kasb etishi bilan farqlandi. Ana shu davrda faqat eksperimental nazariyaning o'zidan foydalanish yetarli emasligi aniqlanib, ishdan chiqish hamda konstruktiv-texnologik nuqsonlar orasidagi o'zaro bog'liqlik mavjudligi ko'rsatib berildi. Mexanik tizimlarning ishonchliligini aniqlash maqsadida sinish (yedirilish — iznos), mustahkamlik, horg'inlik nazariyalari usullari qo'llana boshlandi.

Uchinchi davr (o'tgan asrning 70-yillar boshidan to hozirga qadar) dastlabki bosqichlardagi ishonchlilikka doir muammolarni hal qilishda turdosh texnik fanlar (mustahkamlik nazariyasi, metallshunoslik, mashina va mexanizmlar nazariyasi, qattiq jism nazariyasi va h.k.) usullarini qo'llagan holda ishdan chiqishlarning fizik mohiyatini tadqiq etishga bag'ishlangan ishlar ko'lami yanada kengaydi. Bu davrda ishonchlilik nazariyasi mustaqil fan sifatida shakllanib, ishonchlilik muammolariga doir standartlar majmualarining ishlab chiqilishi ham shundan dalolat beradi.

Qurilish konstruksiyalari va inshootlari ishonchliligining yagona nazariyasini yaratish uchun asos sifatida quyidagi ilmiy yo'nalishlar doirasidagi tadqiqot natijalari qo'llanilmoqda: matematik ishonchlilik nazariyasi; ilm-fan va texnikaning turdosh sohalaridagi tizimlarning ishonchlilik nazariyasi; qurilish konstruksiyalari hisobining statistika usullari; konstruksiyalarni chegaraviy holat bo'yicha hisoblash usullari; materiallar va konstruksiyalar sifatini tadqiq etish, sinash va nazorat qilish usullari; materiallar va konstruksiyalar uzoq muddat xizmat qilishi nazariyasi; transport inshootlaridan texnik foydalanish tamoyillari; asosiy elementlar va konstruksiyalarni tiplarga ajratish, standartlash va unifikatsiyalash va h.k. Nazariyaning eng muhim yutuqlaridan biri — tushuncha va atamalarning yetarli darajada umumiy

tizimining yaratilishi bo'lib, ular O'zDSt 13377-97 da aks ettirilgan va texnikaning turli sohalari, shu jumladan qurilish inshootlariga nisbatan ham qo'llaniladi.

Texnika rivojlanib borishi bilan u yoki bu mexanizmlar, konstruksiyalar, texnologiya jarayonlarini ularning barqaror hamda buzilmay ishlashi nuqtai nazaridan baholash ehtiyoji yuzaga keldi. Bunga javoban ishonchlilikning matematik tushunchasi paydo bo'lib, unda ishonchlilik texnik obyektning ishdan chiqmay ishlash ehtimoli sifatida ishtirok etadi.

Ishonchlilik deb qurilish tizimining muayyan foydalanish (ekspluatatsiya) sharoitlarida muayyan vazifalarni bajarish imkoniyati bilan bog'liq xossasiga aytish mumkin. Boshqa so'z bilan aytganda, ishonchlilik — qurilish tizimi sifatining uni tayyorlash, tiklash, foydali ishlatish, joydan-joyga ko'chirish (tashish), saqlash jarayonida duch kelishi mumkin bo'lgan barcha ehtimoldagi o'zgarishlarga nisbatan chidamliligidir. Qurilish tizimining nima maqsad uchun mo'ljallanganligi va undan foydalanish shart-sharoitlariga bog'liq ravishda ishonchlilik o'z ichiga *ishdan chiqmay, uzoq muddat ishlash, ta'mirga yaroqlilik, saqlanuvchanlik* yoki ana shu xossalarning istalgan birikmasini olishi mumkin.

O'zDSt 13377-97 ga muvofiq *ishonchlilik mahsulotning talab etilgan vaqt davomida foydalanish (ekspluatatsiya) ko'rsatkichlarini saqlagan holda berilgan funksiya (vazifa)larini bajarish xususiyati sifatida belgilanadi.*

Bundan ma'lumki, foydalanishning barcha bosqichlarida ham inshoot asosiy konstruksiyalarining ishonchliligini ta'minlash — uni loyihalashtirish, qurish va undan foydalanishga oid eng muhim texnik-iqtisodiy muammosi ekan. Inshootni qurish jarayonida yuk tushadigan konstruksiyalar shunday mustahkamlik zaxirasiga ega bo'lishi kerakki, u butun xizmat muddati davomida sinish, atrof muhit ta'siri, ichki va tashqi yuklar hisobiga mustahkamligining pasayishi va texnik tavsiyalarining yomonlashuvini, texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash me'yoriy tizimini ham hisobga olgan holda uning normal ishlashini ta'minlashi shart. Biroq, ushbu mustahkamlik zaxirasi iqtisodiy jihatdan o'zini

oqlashi lozim. Boshlang'ich ishonchlilik qancha yuqori bo'lsa, inshoot qiymati ham shuncha baland bo'ladi. Ishonchlilikning optimal darajasi uning mavjudlik davrida qurish hamda saqlash uchun qilingan minimal xarajatlardan kelib chiqib aniqlanadi. Shunga bog'liq ravishda, izlanishlardan maqsad ishonchlilikning eng yuksak darajasiga erishish emas, balki keltirilgan xarajatlar va ishonchlilik o'rtasidagi optimal yechimni topishdan iborat.

Ishonchlilikning quyidagi turlarini farqlaydilar: uni qurish hujjatlarida ko'zda tutilgan inshootning *loyiha bo'yicha (nazariy, hisobiy) ishonchliligi*; boshlang'ich ishonchlilik — qurilgan inshootning undan foydalanishning boshlang'ich momentidagi ishonchliligi; ekspluatatsiya (foydalanish) ishonchliligi — inshootdan foydalanishning istalgan bosqichidagi uning amaldagi ishonchliligi. Inshoot ishonchliligini tadqiq etish oldida oxir-oqibatda ikki maqsad qo'yiladi: qurib bitirilgan inshootlarning ulardan foydalanishni istalgan bosqichidagi ishonchliligini ta'minlash (ekspluatatsiya ishonchliligi); yangi inshootlarni loyihalashtirish va qurishda hisobga olish maqsadida ishonchlilik to'g'risidagi ma'lumotlarni to'plash. Inshootlar asosiy konstruksiyalarining ishonchliligini tadqiq etish jarayonida uning besh jihati hisobga olinadi:

— *falsafiy* — u nazariya, konsepsiyalar, ta'rif va ibora (formulirovka)larga oid fundamental masalalarni o'z ichiga oladi. Bunga alohida konstruksiyalar va butun inshootlarning ishdan chiqish mezonlari, butun inshoot tizimida ishdan chiqishlarning tasnifi kiritiladi;

— *matematik* — inshootlar va konstruksiyalar hisoblashlarini rasmiylashtirish masalalarini, tashqi va ichki omillarning vaqt mobaynida o'zgaruvchanligini, inshootni tashkil qilgan **determinatsiyalangan** tizimlar hisobining ixtisoslashuvi hamda chuqurlashuvini belgilab beradi;

— *ilmiy-texnik* — elementlar va konstruksiyalarning ahamiyatiga (ishonchlilik nuqtai nazaridan) bog'liq ravishdagi tasnifini o'z ichiga olgan inshoot genezisi va sintezi, hisoblash sxemalari, uslublar va modellar, alohida elementlarni («sodda» tizimlarni) murakkablarga jamlash masalalarini ko'rib chiqadi;

iqtisodiy (tejamli) — ishonchlilik hisoblashlari ehtimollik uslublarini qo'llab, butun foydalanish (ekspluatatsiya) muddatini hisobga olgan holda optimallashtirishni ko'zda tutadi;

tashkiliy — inshoot elementlaridan foydalanish (ekspluatatsiya qilish) jarayonida ularning tavsifnomalari xususidagi ma'lumotni olish, yig'ish va unga ishlov berishni, konstruksiyalar va butun inshootlarni rejali-oldini olish ta'miridan chiqarish me'yoriy tizimini tashkil etish va uni joriy qilishni o'z ichiga oladi.

1.2. Qurilish tizimlari ishonchliligi nazariyasining asosiy terminologik tushunchalari

Ishonchlilik ko'rsatkichi — qurilish tizimining ishonchliligini tashkil etadigan bir yoki bir necha xossalarning miqdoriy tavsifi. Xususan, turli ko'rinishdagi sinishlar, barqarorlik, bukilishlar, burilish burchaklari, tebranish amplitudalari, temirbetonda yoriqlar hosil bo'lishi va ochilishi, beton va armaturaning chirish (korroziya) darajasi konstruksiya mustahkamligining ko'rsatkichlari ana shunday xossalari qatoriga kiradi.

Ishonchlilikning yakka ko'rsatkichi — qurilish tizimining ishonchliligini tashkil etgan xossalardan biri tarkibiga kirgan ishonchlilik ko'rsatkichidir. Masalan, ishdan chiqishga qadar ishlash (narabotka) buzilmay ishlash xossasini tavsiflab, u faqat boshqa xossalar (uzoq muddat ishlash, ta'mirga yaroqlilik, saqlanuvchanlik) bilan birga qurilish tizimining ishonchliligini tashkil etadi. Transport qurilishida qo'llanadigan turli maqsaddagi qurilish tizimlariga nisbatan ularning ishonchliligiga tavsif beradigan quyidagi ko'rsatkichlarni qayd etish ayniqsa muhimdir.

Ishdan chiqmay ishlash (rad etmaslik) — konstruksiya yoki inshootning muayyan foydalanish davri yoki ishlab turish davomida ish qobiliyatini saqlab qolish xossasi. Ishdan chiqmay ishlash ehtimoli berilgan xizmat muddati davomida konstruksiya ishdan chiqmasligi ehtimolini anglatadi. Ishdan chiqmay ishlash ko'rsatkichlariga quyidagilar kiradi: ishdan chiqmay ishlash ehtimoli, birinchi bor ishdan chiqqunga qadar o'rtacha ishlash muddati (narabotka), ishdan chiqqunga qadar ishlash, ishdan

chiqishlar jadalligi (intensivligi), ishdan chiqishlar oqimi parametri, ishdan chiqqunga qadar kafolatli ishlash muddati.

Uzoq muddat ishlash — konstruksiya yoki inshootning tiklashdan boshlab to chegaraviy holat kelib chiqquniga qadar, belgilangan texnik xizmat ko'rsatish yoki ta'mirlash tizimi yordamida, ya'ni to'xtab-to'xtab, tanaffuslar bilan ishlash qobiliyatini saqlash xossasiga aytiladi. Uzoq muddat ishlash ko'rsatkichlari quyidagilar: gamma-foiz resursi, o'rtacha resurs, belgilangan resurs, o'rtacha xizmat qilish muddati, birinchi kapital ta'mirlash yoki ro'yxatdan chiqarishga qadar xizmat qilish muddati, ta'mirlararo xizmat muddati.

Chegaraviy holat — xavfsizlik talablarining bartaraf etib bo'lmaydigan tarzda buzilishi yoki berilgan parametrlarning me'yorlarda belgilangan chegaradan tiklab bo'lmas darajada chiqib ketishi, yo foydalanish samaradorligining ruxsat etilgan quyiroq bartaraf etib bo'lmas darajaga tushishi yoki o'rtacha yo kapital ta'mir o'tkazish zarurati tufayli obyektдан bundan keyingi foydalanishning to'xtatiladigan holati. Chegaraviy holat belgi (mezon)lari mazkur obyektning me'yoriy-texnik hujjatlarida belgilanadi.

Obyektlar ta'mirlanadigan va ta'mirlanmaydigan, tiklanadigan va tiklanmas bo'lishi mumkin. Ta'mirlanmaydigan obyekt hamisha tiklanmas bo'lib keladi. Tiklanmas obyekt esa har vaqt ham ta'mirlanmaydigan bo'lavermaydi. Tiklanuvchanlik shart-sharoit, jarayon kabilarga bog'liq bo'ladi. Ta'mirlanuvchanlik obyektning ta'mirlar va texnik xizmat ko'rsatishga moslashganligini tavsiflaydi. Ta'mirlanmaydigan obyekt ishdan chiqqanida yoki avvaldan belgilangan chegaraviy xizmat muddati yo umumiy ish muddati (narabotka) yetib kelganida chegaraviy holat kelib chiqadi deb hisoblanadi. Ta'mirlanmaydigan obyektlarning chegaraviy xizmat muddati yo chegaraviy umumiy ishlash muddati (narabotkasi) qiymatlari hisobiy, tajriba-statistika usul yordamida yoki ushbu har ikkala usullardan foydalangan holda aniqlanishi mumkin. Ta'mirlanayotgan obyektlar uchun chegaraviy holatga o'tish bundan keyin ham undan foydalanishning bir yoki bir necha sabablarga ko'ra imkoni bo'lmay yoki maqsadga nomuvofiq bo'lib qolish vaqti bilan belgilanadi: obyektдан foydalanish samaradorligi

xavfsizligini talab darajasida saqlashning imkoni bo'lmay qoladi; ta'mirlash katta xarajatlar talab qiladi yoki ish qobiliyatining zarur darajada tiklanishini ta'minlay olmaydi.

Tavsifiy qiymatlar — sezilarli tarzda ro'yobga chiqariladigan va me'yoriy jihatdan beriladigan tasodifiy kattaliklar qiymatlari; ular 5...95% atrofidagi ishonch chegaralarida aniqlanadi. Konstruksiya materiallarining mustahkamligi va chidamliligini baholashda ajratib olinadigan quyi egri chiziqdan foydalaniladi — statistika ma'lumotlarining 5%; yuk va ta'sirlarni baholashda esa yuqori egri chiziqni qo'llashadi — statistika kuzatuvlarining 95%. Ishonchlilik darajasining miqdoriy bahosi «xavfsizlik darajasi» tushunchasini qo'llagan holda berilib, u xavfsizlik koeffitsiyenti, ya'ni kuch yoki mustahkamlik parametrlarining matematik natijasidan katta (yuk va ta'sirlar uchun) yoki kichikroq (mustahkamlik uchun) tarafiga olib qo'yiladigan standart og'ishuvlar miqdori bilan ifodalanadi.

Muvaqqat yuklar birikmalarining koeffitsiyenti — korrelyatsiya qilinmaydigan yuklarning (masalan, vertikal yuk va shamoldan tushadigan yuk) vaqtda mos tushishining sezilarli ehtimolini (5% dan ortiq) determinatsiyalangan shaklda aks ettiradi.

Xizmat muddati — konstruksiyadan foydalanish boshidan yo ta'mirdan keyingi qayta foydalanishdan boshlab, to uning chegaraviy holatga o'tishiga qadar foydalanish davomiyligi.

Qoldiq xizmat muddati — konstruksiyaning texnik holati nazorat qilina boshlaganidan to chegaraviy holatga o'tguniga qadar undan foydalanishning taqvimiy muddati.

Kafolatli xizmat muddati — foydalanishning taqvimiy muddati, uning davomida qurilish tizimi yoki uning elementi berilgan ehtimollik bilan chegaraviy holatga yetmaydi. Ular ishchi, ishchi bo'lmagan va chegaraviy holatda bo'lishlari mumkin.

Ishlash imkoniyati (ishga layoqatli holat) — konstruksiyaning holati bo'lib, bunda uning berilgan funksiyalarni bajarish imkoniyatini tavsiflaydigan parametrlari qiymatlari me'yoriy talablariga muvofiq keladi.

Yaroqlilik (*soz holat*) — konstruksiya holati bo'lib, bunda u me'yoriy-texnika hujjatlarida belgilangan barcha talablarga muvofiq bo'ladi. Ishlaydigan konstruksiya nosoz bo'lishi mumkin.

Ta'mirga yaroqlilik — element yoki konstruksiya xossasi bo'lib, u ishdan chiqish va shikastlanishlarning oldini olish choralarini o'tkazishda erishuvchanlik va qulaylikdan, shu bilan birga, ularni ta'mirlash va texnik xizmat ko'rsatish orqali bartaraf etishdan iboratdir. Inshootning ishonchliligi, uning ishlashga yaroqliligi o'z vaqtida bajarilgan ta'mirlash ishlari orqali ta'minlanadi. Ta'mirga yaroqlilik ko'rsatkichlariga berilgan vaqtda tiklash ehtimoli, tiklashning o'rtacha vaqti, xizmat ko'rsatish va ta'mirlashning solishtirma mehnat talabligi va konstruksiyani ta'mirlashning o'rtacha va solishtirma qiymatlari kiradi.

Saqlanuvchanlik — inshootlarga nisbatan quyidagicha baholanadi: a) alohida mahsulot (konstruksiya)larni saqlash va tashish jarayonida (va undan keyin ham) uzluksiz ravishda soz va ishlash qobiliyati (holati)ni saqlab turish; b) obyektning umuman foydalanish kiritilishiga qadar va ta'mirlashlar (konservatsiya) paytidagi saqlanuvchanligi.

Ishga yaroqsiz holat — konstruksiya holati bo'lib, bunda uning berilgan funksiyalarni bajarish imkoniyatini tavsiflaydigan biror-bir parametri qiymati me'yoriy-texnik hujjatlar talablariga javob bermaydi.

Shikastlanish — jiddiy bo'lmagan hodisa, konstruksiya butunligining buzilishidan iborat bo'lib, bunda uning ishlash qobiliyati saqlanib qoladi.

Ishdan chiqish — konstruksiyaning ish qobiliyatini to'liq yoki qisman yo'qotishiga olib keladigan hodisa. Ishdan chiqishlar belgi (mezon)lari mazkur obyekt me'yoriy-texnik hujjatlarida belgilanadi. Ishdan chiqish — ishonchlilik nazariyasining eng asosiy tushunchalaridan biridir.

To'liq (butunlay) ishdan chiqish — konstruksiya ish qobiliyatini butunlay yo'qotganligiga muvofiq keladi.

Qisman ishdan chiqish — u yuzaga kelganidan so'ng, konstruksiya o'z maqsadiga muvofiq, biroq kamroq samara bilan qo'llanilishi mumkin.

To'satdan ishdan chiqish — konstruksiyaning bir yoki bir necha berilgan parametrlari qiymatining keskin o'zgarishi bilan tavsiflanadigan ishdan chiqish. To'satdan ishdan chiqishning kelib chiqishini, odatda, avvaldan nazorat yoki diagnostika qilish yordamida bashorat qilish murakkab.

Asta-sekin ishdan chiqish — konstruksiyaning bir yoki bir necha berilgan parametrlari (yoriqlar kattaroq ochilishi, salqiliklar kattalashishi, beton mustahkamligining pasayishi va h.k.) asta-sekin o'zgarib borishi natijasida paydo bo'ladigan ishdan chiqish.

Sinov ishi paytidagi ishdan chiqish — bunday ishdan chiqish inshootda nuqsonli elementlar mavjudligi, yig'ish va montaj qilishdagi xatoliklar sababli kelib chiqadi. Inshootning sinov ishi paytidagi ishonchliligi to'liq ravishda nuqsonli elementlarning ishdan chiqish ehtimoli bilan belgilanadi. Inshoot ishonchliligi nuqsonli element o'zining ishonchliligidan yuqori bo'lishi mumkin emas.

Normal ishlash davrida ishdan chiqish — elementga qo'q-qisdan yo'l qo'yib bo'lmaydigan yuklar jamlama (konsentratsiya)si ta'sir qilishi yoki element sifatining to'satdan o'zgarishi oqibatida sodir bo'ladi.

Yedirilish (sinish) tufayli ishdan chiqish — horg'inlik, mexanik yoki kimyoviy sinish kabilar sababli yuzaga keladi.

Alohida (bog'liq bo'lmagan) ishdan chiqish — bu obyektning boshqa elementlari shikastlanishi yoki ishdan chiqishi sababli inshoot elementining ishdan chiqishi.

To'xtab qolish (sboy) — ish imkoniyatining qisqa muddatli buzilishiga olib keladigan o'z-o'zidan bartaraf bo'ladigan ishdan chiqish.

Ketma-ket takrorlanadigan ishdan chiqish — bir xil ko'rinishdagi ko'p marotaba yuzaga keladigan ishdan chiqish.

Barqaror ishdan chiqish — bartaraf etish uchun tashqaridan aralashish talab etilgan ishdan chiqish.

Konstruksion ishdan chiqish — konstruksiyalashning belgilangan qoidalari va (yoki) me'yorlari buzilishi oqibatida yuzaga keladigan ishdan chiqish.

Ishlab chiqarishdagi ishdan chiqish — tayyorlash (ishlab chiqarish) yoki inshootni ta'mirlashning belgilangan jarayonini buzilishi natijasida yuzaga keladigan ishdan chiqish.

Foydalanish jarayonida ishdan chiqish — inshootdan foydalanishning belgilangan qoidalari yoki sharoitlari buzilishi oqibatida yuzaga keladi.

Muntazam ishdan chiqish — ko'p marotaba takrorlanadigan ishdan chiqish bo'lib, unga inshoot konstruksiyasidagi nuqsonlar, uni tayyorlash jarayoni buzilishi, qo'llanilayotgan materiallar sifati pastligi kabilar sabab bo'ladi.

Parametrik ishdan chiqish — ishdan chiqishning bu turida inshootning biron-bir parametri yo'l qo'yilgan ruhsat (dopusk) chegarasidan chiqib ketadi.

1.3. Inshoot konstruksiyalarida ishdan chiqish va nuqsonlar tushunchalari va tasnifi

Ishonchlilik nazariyasida texnikaning turli sohalarida qo'llanadigan tushuncha va atamalar tizimi ishlab chiqilgan. Ishonchlilik nazariyasining asosiy tushunchalaridan biri — ***ishdan chiqish*** hisoblanadi.

Ishdan chiqish deganda, unda konstruksiya yoki inshoot ishlash imkoniyati buzilishi ro'y beradigan, ya'ni konstruksiya parametrlarining hisobiy qiymatlaridan yo'l qo'yib bo'lmaydigan og'ishuvi (chetga chiqishi), normal foydalanish jarayonining vaqtinchalik buzilishlari, konstruksiya (inshoot)ning to'liq ishdan chiqishi natijasida sifatning to'liq yoki qisman yo'qotilishi yuz beradigan hodisa tushuniladi. Transport inshootlarida bu tushunchaga chegaraviy holat tushunchasi mos kelib, bunda xavfsizlik talablarining bartaraf etib bo'lmaydigan buzilishi yoki foydalanish samaradorligining yo'l qo'yilgan darajadan bartaraf etib bo'lmaydigan tushib ketishi yoki kapital ta'mirlash, kuchaytirish va rekonstruksiya ishlari tufayli konstruksiyadan bundan keyingi foydalanish to'xtatilishi lozim. Chegaraviy holat mezonlari me'yoriy-texnik hujjatlar orqali belgilanadi.

Deyarli barcha ishdan chiqishlar konstruksiya (inshoot)ni tayyorlash, tiklash, loyihalash jarayonida yo'l qo'yilgan yoki foydalanish jarayonida amal qiladigan tasodifiy omillar ta'sirida kelib chiqadilar. Shuning uchun ishdan chiqishlar, odatda, tasodifiy ko'rinishga ega. Ishonchlilik nazariyasini qurishda ishdan chiqishlarga tasodifiy hodisa deb qarash boshlang'ich shart hisoblanadi. Inshootning murakkab texnik tizim sifatidagi ishdan chiqmasligi tushunchasi uning faqat ikki, ya'ni ishchi va ishlamaydigan holatlarda bo'lishi mumkin bo'lgan elementlari va oddiy tizimlarga oid tushunchalarga nisbatan kengroq.

Alohida konstruksiyalar va texnik vositalarning (trotuarlar, to'siqlar, ko'priklardagi deformatsiya choklari, qoplamalar, suv ketqazish tizimlari va h.k.) ishdan chiqishi odatda qisman ishdan chiqish hisoblanadi. Butunicha obyekt ishlashini to'xtatilishiga olib kelmay, ular obyektning ishlash sifati (darajasi) va chiqish samarasini pasaytiradilar. Inshootning tashqi shart-sharoitlar majmuiga ana shu tarzda moslashuvi muayyan ortiqchalilik — berilgan funksiyalarni bajarish uchun minimal ravishda zarur texnik tavsiflar zaxirasi mavjudligi sababli yuzaga keladi. Bu hol qattqlik va mustahkamlik, suv va issiqdan himoyalash, yong'indan himoyalashga oid mahalliy talablarni ta'minlashda teskari aloqalar yuzaga kelishi, ma'lum ravishda konstruksiya va tizimlarning ba'zi funksiyalarini «qoplab ketish»ga olib keladi. Natijada obyektiv tarzda zaxiralashning turli — yuk, tuzilmaviy, funksional va vaqt bilan bog'liq ko'rinishlari paydo bo'ladi.

Ish qobiliyatining buzilishidan iborat bo'lgan hodisa *ishdan chiqish* deb nomlanib, bu tushuncha ostida konstruksiyalarning tegishli yo'l qo'yish (zaxira-dopusk) bilan belgilanadigan berilgan funksiyalarini bajara olmay qolishi tushuniladi. Yuk tushadigan, shuningdek to'sib turadigan konstruksiyalarning me'yoriy ishonchliligini belgilashda ishdan chiqish (otkaz) deganda, elementning yuk ko'tarish imkoniyati tugashiga yaqin yoki yuk ko'taruvchi yo to'sib turadigan funksiyalarini to'liq yo'qotishidan avvalgi texnik holati tushuniladi. Ishdan chiqishlarni quyidagicha tasniflash mumkin:

1) yuzaga kelish sabablariga bog'liq ravishda: *ichki ishdan chiqishlar*, ular konstruksiyaning kamchiliklari sababli kelib chiqadi; *tashqi sabablar tufayli ishdan chiqishlar*, (ortiqcha yuk tushishi, ish sxemasi va tushadigan yukning o'zgarishi va h.k.);

2) ularning namoyon bo'lish sur'atiga bog'liq ravishda: *muntazam, asta-sekin namoyon bo'ladigan va to'satdan ishdan chiqishlar*. Muntazam ishdan chiqishlar vaqt funksiyasi bilan bog'liq bo'lib, asosan materiallarning eskirishi, ichki kuchlanishlar jamlanishi kabi sabablar tufayli paydo bo'ladi. To'satdan ishdan chiqishlar esa element parametrlarining uni ishlash imkoniyatiga ega emas deb hisoblash kerak bo'lgan o'zgarishlari tufayli kelib chiqadi. Bunday ishdan chiqishlar tugunlarda yuklarning qayta taqsimlanishi, qo'shimcha tashqi yuklar, yuklarning hisobga olinmagan birikmalari ta'sirida paydo bo'ladilar. Ishdan chiqishning mazkur ikki turini hisobga olgan holda, tizimlar hisobini amalga oshirishda quyidagi qoidalarga tayanadilar:

— tavsif va parametrlarning vaqtga bog'liq bo'lgan barcha o'zgarishlari hisobga olinsa, asta-sekin yuz beradigan ishdan chiqishlarning oldini olish mumkin;

— to'satdan yuz beradigan ishdan chiqishlar — tasodifiy bo'lib, ularni to'lig'icha bashorat qilish yoki oldini olish mumkin emas;

— asta-sekin va to'satdan yuz beradigan ishdan chiqishlar o'zaro bog'liq bo'lib, mustaqil bo'la olmaydilar;

3) ishdan chiqishlar diapazoniga bog'liq ravishda: *qisman* (tavsiflarning ruxsat etilgan chegarasidan og'ishishi bilan bog'liq) *ishdan chiqishlar* diapazoniga bog'liq ravishda: *qisman*, (tavsiflarning ruxsat etilgan chegaralardan og'ishuvi va ish imkoniyatining to'liq yo'qotilishiga olib kelmaydigan) hamda *to'liq ishdan chiqishlar*;

4) avvalgi konsepsiyalarning birga kelishi: *favqulodda ishdan chiqishlar to'satdan va to'liq (butkul)*; *parametrlar va tavsiflarning asta-sekin yomonlashib borishi bilan yuz beradigan ishdan chiqishlar*;

5) oqibatlariga bog'liq ravishda; *jiddiy bo'lmagan, foydalanish tavsiflari yomonlashuviga olib kelmaydigan, jiddiy, kritik ishdan*

chiqishlar, funksiyalar bajarilishining to'liq to'xtatilishi va jiddiy xavf yuzaga kelishiga olib keladigan;

6) foydalanish muddatiga bog'liq ravishda: *muddatidan avval (ko'pincha montajga qadar), tasodifiy va yedirilish bilan bog'liq ishdan chiqishlar.*

Faqat ikki — normal foydalanish va ishdan chiqish holatlari yuzaga kelish ehtimoli bo'lgan sodda tizimlardan farqli ravishda inshootlarda konstruksiya va elementlarning katta qismi qisman ishdan chiqish va nosozlikka muvofiq keladigan bir necha holatlar kelib chiqishi mumkin. Bunga bog'liq holda ishdan chiqishlarni ba'zan quyidagi ikki guruh bo'yicha tavsiflaydilar: *1-guruh* — uzel yoki elementning qisman ishdan chiqishi, uni kuchaytirish inshoot ishonchliligining to'liq tiklanishiga olib keladi; *2-guruh* — inshootning eng mas'uliyatli elementlari ishdan chiqishi (asos, poydevor, kolonnalar, rigellar va h.k.), butunicha inshootni ishdan chiqaradi. Ikkinchi guruh ishdan chiqishlari to'satdan yuz berishi mumkin. Bu elementlarni kuchaytirish katta hajmdagi dastlabki qismlarga ajratish ishlari bilan bog'liq. Mas'uliyatli inshootlar uchun favqulodda oqibatlar, masalan, odamlar halok bo'lishiga olib kelishi mumkin bo'lgan ishdan chiqishlarni alohida guruhlariga ajratib olish maqsadga muvofiq. Shu sababli ishonchlilikni ta'minlashda xavfsizlik talablarini alohida guruhga ajratib chiqarish lozim.

Tarkibli konstruksiyalar yoki inshootlarda bir tarkibiy elementning ishdan chiqishi, boshqa elementlar normal ishlashiga qaramay, butun konstruksiyaning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Ana shunday holat loyihalashda inshootning *robastliligini* ta'minlash orqali bartaraf etilib, bu holda uning rivojlanib borayotgan o'pirilishga qarshiligi ta'minlanadi. Uning oldini olishga tashqi va ichki aloqalar tizimi jihozlanib, ishdan chiqishi inshoot uchun cheklanganidan ortiq bo'lmagan zarar yetkazishi mumkin bo'lgan asosiy (kritik) elementlarni aniqlash va kuchaytirish bilan erishish mumkin. Masalan, amaldagi Britaniya me'yorlarida bunday elementlar ular tutib turgan maydonga istalgan yo'nalishda qo'yilgan alohida o'ta og'ir yuklarga (34 kN/m^2) loyiha-

lashtirilib, besh qavatdan baland binolarda esa asosiy bo'lmagan istalgan vertikal elementni cheklanganidan ortiq zarar yetkazmagan holda, olib tashlash imkoniyati bo'lishi lozim. Statistikaning ko'rsatishicha, ishdan chiqish va avariylarning kattagina qismi ana shunday mayda-chuydalar tufayli ro'y beradi: konstruksiyalar barcha tekshiruv hisoblashlarining bajarilmasligi (ayniqsa loyihalashtirishda uzellar bo'yicha), loyiha ustida turli mualliflar ish olib borganida, buyumlar (elementlar) tayyorlashda hamda yig'ish-montaj ishlarida ishchilarning e'tiborsizligi, foydalanish bilan shug'ullanadigan ishchi-xizmatchilarning xafsalasizligi va yetarli malakaga ega bo'lmasligi. Ishdan chiqishning ruxsat etilgan ehtimoli ro'y berishi mumkin bo'lgan oqibatlar og'irligiga qarab belgilanishi lozim.

Konstruksiya ishidagi ishdan chiqishlar jamlanib, konstruksiyaning foydalanish sifatlarini yomonlashtiradigan shikastlanishlar natijasida kelib chiqadi. E'tiborsiz qoldirilgan juz'iy bo'lmagan nuqsonlar konstruksiya yaxlitligining jiddiy buzilishi, hatto falokatlar keltirib chiqarishi mumkin. Qurilish konstruksiyalarining ishonchli ishlashiga foydalanish chog'ida nuqsonlarni oldini olish yoki ularni zararli ta'sirini cheklash yuzasidan samarali choratadbirlar ko'rilgan holda erishish mumkin bo'ladi. O'zDSt 15467-97 nuqsonlarni mahsulotning belgilangan talablarga har bir alohida olingan nomuvofiqligi deb tavsiflaydi. Konstruksiya nuqson va ishdan chiqishlarini uzoq vaqt davomida o'rganish ularni alohida belgilariga ko'ra tasniflash imkonini berdi (1.1-jadv.). Bunda ushbu belgilarning birga kelishi tufayli yuzaga kelgan ishdan chiqishlar ko'p uchrashiga alohida e'tibor qaratildi.

Tayyorlash va montaj jarayonida konstruksiya elementlarida uni zaiflashtiradigan nuqsonlarga yo'l qo'yilishi mumkin bo'lib, foydalanish jarayonida esa vaqt o'tishi bilan ular ishdan chiqishlarning ertaroq yuzaga kelishiga sabab bo'ladi. Temirbeton konstruksiyalarda bunday nuqsonlar qatoriga texnologik sabablarga ko'ra kelib chiqqan kavak (rakovina)lar, bo'shliqlar, yoriqlar, armaturaning loyiha holatiga nisbatan siljib ketishi, betonning loyihadagiga nisbatan siqilish darajasining pastligi, himoya

Qurilish tizimlari nuqson va shikastlanishlarining sinflanishi

Xavflilik darajasi bo'yicha	Kritik nuqson, u mavjud bo'lganda mahsulotdan vazifasi bo'yicha foydalanish deyarli mumkin emas yoki yoniga yo'lab bo'lmaydigan
	Ahamiyatli nuqson, u mahsulotdan vazifasi bo'yicha foydalanishda sezilarli ta'sir qiladi (yoki uning uzoqqa chidamliligiga, ammo u kritik hisoblanmaydi)
	Kam ahamiyatli nuqson, u mahsulotdan vazifasi bo'yicha foydalanishda uning uzoqqa chidamliligiga sezilarli ta'sir qilmaydi
Aniqlash usullari bo'yicha	Ko'rinarli nuqson, uni aniqlash uchun me'yoriy hujjatda tegishli qoida, usul, vositalar ko'zda tutilgan
	Yashiringan nuqson, uni aniqlash uchun me'yoriy hujjatda tegishli qoida, usul, vositalar ko'zda tutilmagan
Bartaraf etish imkoniyati bo'yicha	Bartaraf etiladigan nuqson, uni bartaraf etish texnik jihatdan imkoni bor va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq
	Bartaraf etilmaydigan nuqson, uni bartaraf etishning texnik jihatdan imkoni yo'q va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas
Texnologik tafsiloti bo'yicha	Mustahkamlik tavsiflarining yomonlashuvi
	Me'yordan ortiq deformatsiyalanishi
	Foydalanish tavsiflarining buzilishi
Sodir bo'lish sabablariga bog'liq holda	Konstruksiyalarning kamchiligidan kelib chiqqan ichki rad etishlar
	Ortiqcha yuklanishi, o'zgarishining tashqi sabablari tufayli sodir bo'lgan rad etishlar
Mahsulotning saqlanishiga bog'liq holda	Ketma-ket va asta-sekin sodir bo'ladigan rad etishlar
	Behosdan sodir bo'ladigan rad etishlar
Oqibatlariga bog'liq holda	Foydalanish tavsiflarini pasayishiga olib kelmaydigan uncha ahamiyatli bo'lmagan rad etishlar
	Ancha ahamiyatli rad etishlar
	Ishlashining to'la to'htashiga olib keladigan kritik rad etishlar
Rad qilish diapazoni bo'yicha	Me'yoriy parametrlardan chetga chiqish bilan bog'liq bo'lgan qisman rad etishlar
	To'la rad etishlar
Xizmat qilish muddatiga bog'liq holda	Qurilish davridagi rad etishlar
	Foydalanishdagi rad etishlar
	Sinishdan sodir bo'lgan rad etishlar

qatlarning me'yorida yuqaligi, konstruksiya elementlari va mahsulotlar holati va geometrik o'lchamlarini loyihadagiga nisbatan og'ishishlari, beton va to'ldirgichlar yetarlicha mustahkam emasligi, beton aralashmasining yaxshilab zichlanmaganligi, issiqlik ishlovi berish rejimining buzilishi kabilar kiradi. Montaj jarayonidagi me'yoriy talablardan chetga chiqishlar ko'tarish imkoniyatining pasayishi hamda temirbeton konstruksiyalarga qo'shimcha kuch tushishiga sabab bo'ladi.

Foydalanishning barcha davrlarida ham konstruksiya elementlarida shikastlanishlar yig'ilib, ular yuklar birikib kelishi va tashqi muhit ta'sirida quyidagi sabablar tufayli yuzaga keladi:

1) yukning ko'p marotaba takroriy (siklik) ta'siri material tuzilmasining buzilishi hamda horg'inlik shikastlanishlari yuzaga kelishi oqibatidir. Masalan, siqilishda, ushbu jarayon ichki mikro kuchlanishlar kritik qiymatga yetishidan ancha ilgari, ta'sir qilayotgan kuch bo'ylab tiklab bo'lmaydigan yoriqlar hosil bo'lishi bilan kechadi. Betonga birinchi bor yuk tushganida unda mikroyoriqlar hosil bo'lishi materialning ko'p marotaba takroriy yuk ta'sirida sinish xavfini paydo qiladi;

2) uzoq muddat ta'sir qiladigan yuklar konstruksiya materiali destruksiyasi hamda "salqilik" jarayonlari paydo bo'lishiga olib keladigan shikastlanishlar keltirib chiqaradi. Betonda uzoq muddatli mustahkamlik chegarasidan ortiq bo'lgan kuchlanishlar amal qilganida, $R_t = 0,85 R_b$ vaqt o'tishi bilan mikroyoriqlar jadal tarzda kattalashib, bu beton sinishiga olib keladi. Kichik kuchlanishlarda esa $\sigma < R_{cre}^0$ beton tuzilmasi zichlashib, uning mustahkamligi ortadi. Betonning "salqilik" mohiyati uning tuzilmasi, uzoq muddat kristallashuvi jarayoni va sement toshi qotishida gel miqdorining kamayishi bilan bog'liq. Bukiluvchan elementlarda vaqt o'tishi bilan siqilgan zona balandligi ortib, bu holat armaturadagi kuchlanishlar oshishiga, yoriqlar qo'shimcha ravishda ochilishiga va o'zgaras yukdagi osiluvchanlik ortishiga olib keladi;

3) tajovuzkor (agressiv), texnologik va tabiiy ta'sirlar beton va armaturaning chirishidan sodir bo'lgan shikastlanishlariga sabab

bo'lib, bu mustahkamlik kamayishi hamda konstruksiya sinishiga olib keladi. Konstruksiyaning ishdan chiqishiga betonning himoya qilish ta'siri tugashi, uning himoya qatlami sinishi, armatura chirishi va po'lat armaturaning beton bilan tishlashmay qolishi sabab bo'lishi mumkin. Jarayonning ko'rinishiga bog'liq ravishda beton chirishining uch xilini farqlaydilar: a) g'ovaksimon tuzilmasi suyuqlik va gazlarni o'tkazish imkoniyatiga ega bo'lgan beton orqali sizib o'tgan (filtratsiya) yumshoq suvlar tomonidan betondagi ohakning ishqor sifatida olib chiqib ketilishi; b) ishqorlanish natijasida kalsiy gidroksidi suvda erib, u suv yordamida betondan olib chiqib ketiladi. Bunda beton yuzasi uning ichki qismidan olib chiqilgan kalsiy gidroksidining karbonlashuvi oqibatida oq qatlam bilan qoplanadi; b) sement toshining kislota bilan tutash (kontaktlash)gan yuzalarida uning eritilishi; ko'pgina tabiiy suvlarda mavjud bo'lgan uglekislota, tuz, oltingugurt, azot va boshqa kislotalar sementning kislotadan chirishini keltirib chiqaradi; kislota va sement toshi o'rtasidagi reaksiya qancha jadal kechsa, yangi yuzaga kelgan hosilalar shu qadar eruvchan bo'lib, beton shunchaki tez va to'liqroq yemiriladi. Masalan, uglekislota ta'sirida sement toshi butunlay yemirilib, sinish hosilalari esa qisman erib ketadi; v) beton g'ovaklari va kapillarlari orasida tajovuzkor muhitning (natriy, magniy va kaliy sulfatlari) sement toshi tarkibiy qismlari bilan kimyoviy reaksiyalari oqibatida paydo bo'lgan tuzlarning yig'ilib, kristallashishi yuz beradi.

Bunday reaksiyalarda bo'shliq va kapillarlardagi reaksiyalar oxirgi mahsulotining hajmi boshlang'ich mahsulotlar hajmidan oshib ketadi, bu bo'shliq va kapillarlar devorlarida cho'zuvchi kuchlanishni keltirib chiqaradi va beton strukturasini sinishiga olib keladi.

Betonning gaz ta'sirida chirishi chirishdan sodir bo'ladigan shikastlanishlarga olib kelib, ular betonning armaturaga nisbatan himoya vazifasini bajarmay qo'yishini keltirib chiqaradi. Betonning armaturani chirishidan saqlaydigan himoya xossalari toza havoda va sanoat korxonalari atmosferasida mavjud bo'lgan uglekislotali gaz ta'siridagi karbonlashuv oqibatida butunlay bartaraf etiladi. Betonning karbonlashtirilgan qatlami mustahkamligi 30% ga qadar

oshishi mumkin. Oltingugurtli angidrid, oltingugurtli vodorod, xlorli vodorod, xlor kabi boshqa kislotali gazlar ta'siri ham himoya qatlamining sinishiga sabab bo'ladi.

Armaturaning chirishidan sodir bo'ladigan shikastlanishlari uning atrof muhit ta'siridagi fizik-kimyoviy sinish jarayonlari tufayli kelib chiqadi. Betonning himoya qatlami armaturani atrof muhit ta'siridan saqlasa ham, biroq uni to'liq izolatsiya qila olmaydi. Betonga namlik va kislorod, po'latning kimyoviy chirishi uchun zarur asosiy komponentlar, osonlik bilan kira oladilar. Armatura chirishi xloridlar miqdori, bikarbonat ishqorliligi va atrof muhit harorati ortishi bilan ham kuchayib boradi. Po'latning chirishidan sodir bo'ladigan shikastlanishlari metallning butun yuzasini qamrab oladigan yalpi (umumiy) chirish yoki cho'zuvchi kuchga nisbatan normal joylashib, yuzaning ba'zi uchastkalarini dog' va yarachalar ko'rinishida qoplaydigan mahalliy chirish ko'rinishida namoyon bo'ladi. Kuchlanish ostidagi po'latning chirishi, odatda, nisbatan jadalroq kechadi. Biroq, yumshoq kam uglerodlangan po'latlarning umumiy bir tekis chirishi ularning mexanika tavsiflarini o'zgartirmaydi. Oquvchanlik chegarasidan quyiroq bo'lgan kuchlanishlarning po'lat chirishiga ta'siri jiddiy emas.

Eng xavflisi — chirishdan sodir bo'lgan mayda yoriqlanish hisoblanib, u ko'plab yuqori mustahkam armatura po'latlarida namoyon bo'ladi. Yuqori mustahkamlikka ega, biroq elastikligi past bo'lgan transport qurilishida dastlab zo'riqtirilgan konstruksiyalar ishlab chiqarish va jamoatchilik binolari uchun qo'llaniladigan armatura po'latlari mo'rt sinishga moyil hisoblanadi. Yuqori mustahkam po'latlar chirishi elastiklikning jiddiy kamayishi bilan kuzatilib, odatda mo'rt sinish bilan yakunlanadi. Shuning uchun sim va sterjenlarning ko'ndalang kesimi maydoni kichrayishi bilan yuqori darajada mustahkam armatura po'latlarining mustahkamligi va elastikligiga oid miqdoriy ko'rsatkichlar asosiy ahamiyat kasb etadi. Chirishdan sodir bo'lgan shikastlanishlarning armatura mexanik xossalariga ta'siri kichikroq hajmli metallardagi plastik deformatsiyani bartaraf etadigan kuchlanish konsentratrlari ta'siriga o'xshab ketadi. Plastik yumshoq po'latlarda

ushbu o'choqlar yaqinida kuchlanish qayta taqsimlansa, yuqori darajada mustahkam, kam qayishqoq armaturalarda bunday bo'lmaydi.

Masalan, foydalanishdagi temirbeton ko'priklarni tadqiq etish jarayonida aniqlangan asosiy shikastlanishlar — gidroizolatsiya va oraliq qurilmasidan suv ketqazish moslamasi holatiga bog'liq bo'lgan beton va armatura chirishi, shuningdek dastlab zo'riqtirilgan, bukiluvchan to'sinning turli joylaridagi yoriqlar bo'lib chiqdi. Betondagi chirish va destruktiv jarayonlar gidroizolatsiya va suv ketqazish tizimi moslamalarining nosozligi tufayli kelib chiqadi. Ko'priklarning temirbeton oraliq qurilmalari gidroizolatsiyasining shikastlanishi izolatsiyalovchi material — rube-roidning uzoq muddat xizmat qila olmasligi, izolatsiya «gilami»ning suv ketqazish trubkalari yaqinidan o'tgan joylari sifatsiz yotqizilishi, beton sinishi va stropovka tirqishlari zonasida montaj ishlarida gidroizolatsiya buzilishlari sababli yuz beradi. Ballast drenajlash xossalarini yo'qotishi bilan to'sin devorlari namlanib, beton muzlab, qayta eriganida u ishqorlanib, g'ovaklashishi ro'y beradi. Oraliq qurilmasi ishchi armaturasining chirishi himoya qatlami qalinligi yetarli emasligi, gidroizolatsiya va suv ketqazish moslamasining nosozligi tufayli muntazam ravishdagi namlanish, to'sinlar yuzasidagi yoriqlarning katta ochilib ketishi sababli ro'y beradi. Temirbeton oraliq qurilmalaridagi yoriqlar yuza hamda uzluksiz (skvoznoy) turdagi yoriq bo'ladi. Yuzadagi yoriqlar cho'kish deformatsiyalari, harorat deformatsiyalari hamda betonning dastlab siqilishi tufayli paydo bo'ladigan ko'ndalang cho'zuvchi deformatsiyalar ta'sirida yuzaga keladi. Foydalanish jarayonida yoriqlar paydo bo'lishining asosiy xavfi shundaki, ular hisoblashlarda ko'p martali takroriy yuklar ta'sirini hisobga olmagan holda ishchi armaturasiga ortiqcha yuk tushishiga olib kelib, po'lat armaturasining jadal (intensiv) chirishiga sabab bo'lishlari mumkin;

4) tayyorlash va montaj bosqichida yuzaga kelgan shikastlanishlar, foydalanish jarayonida rivojlanib borib, konstruksiyaning ish qobiliyatini o'zgartiradilar. Shikastlanishlarning qayta tiklab bo'lmas darajada yig'ilishi oqibatida konstruksiyadan foydalanish

jihatlarining asta-sekin yo'qotilishi yukning ko'p marotabali va uzoq muddatli ta'siri, navbatma-navbat muzlab, so'ng erishi, yuqorida ko'rsatilgan uch turdagi chirishlarning kechish oqibatlari betonning chidamliligi pasayishida namoyon bo'ladi. Konstruksiyalardan foydalanish jihatlarining yomonlashuvi shuningdek po'latning chirishdan sodir bo'lgan shikastlanishlari rivojlanishi bilan bog'liq holda armaturaning mustahkamligi pasayib, uning ko'ndalang kesimi maydoni kamayishida ham ko'rinadi. Chirishdan sodir bo'lgan shikastlanishlar taraqqiy etishi tishlashish yo'qolishi, egilishlar ortishi va yoriqlarning qo'shimcha ravishda ochilishiga olib kelishi mumkin.

1.4. Inshootlar ishonchliligini belgilaydigan omillar

Inshootni loyihalash va konstruksiyalash jarayonida uning ishonchliligi asoslari belgilanadi. Tayyorlash jarayonida esa har bir muayyan elementning amaliy ishonchliligi ta'minlanib, bu tayyorlashda qo'llanayotgan alohida detallar sifati, konstruksiyalarni yig'ish va montaj qilish sifatiga bog'liq bo'ladi. Tayyorlashdan so'ng ishonchlikni foydalanishni to'g'ri yo'lga qo'yish orqali zarur darajada saqlab turish kerak bo'ladi. *Loyihalashtirishda* konstruksiya ishonchliligiga ta'sir qiladigan quyidagi omillar hisobga olinadi: qo'llanayotgan elementlar sifati va miqdori; elementlar va detallar ishlash rejimi; ularni tayyorlash standartlanishi va unifikatsiyalanishi; detallar, uzellar va bloklarning ko'zdan kechirish, ta'mirlash uchun qulay joylashishi.

Qurilish va foydalanish jarayonida inshoot ishonchliligiga quyidagi shart-sharoitlar ta'sir ko'rsatadi: konstruksiyalardagi ularning loyihaviy qiymatlariga muvofiq kelmaydigan ichki kuchlanishlar; tashqi muhit ta'siri (berilgan yoki o'zga rejimlarda); texnik xizmat ko'rsatish tizimi (oldini olish va muntazam); xizmat ko'rsatuvchi va ta'mirlovchi ishchi-xizmatchilarning texnik malakasi. Inshootni montaj qilish qoidalarining buzilishi; materiallar va butlovchi buyumlar sifatining tegishli nazorati yo'qligi; materiallar nav (sort)larga ajratilishining buzilishi hamda ularning sifatsiziga almashtirilishi; noxush shart-sharoitlarda uzoq muddat

saqlangan elementlar o'rnatilishi; amaliyotlar chog'ida va tayyor mahsulotni chiqarishda yetarli nazorat yo'lga qo'yilmaganligi, shuningdek montaj texnologiyasining o'zi buzilishi oqibatida umuman inshoot konstruksiyasining ishonchliligiga salbiy ta'sir ko'rsatadigan sharoitlar yuzaga keladi.

Zamonaviy inshootlarni katta miqdorini murakkabligiga ko'ra turli-tuman komponentlarning o'zgaruvchan yuklar ta'siriga moyil birikmasidan iborat bo'lgan katta tizimlar qatoriga kiritish mumkin. Alohida kichik determinatsiyalangan tizim va moslamalardan farqli o'laroq, katta tizimlar ishi «tasodif»larga asoslanadi. Odatda, murakkab tizimlarda turli alohida qismlarning yaxlit tizim uchun ahamiyati turlicha. Deyarli har doim uni nisbatan soddaroq tarkibiy qismlardan tuzilib, oliy va quyi darajaga ajraladigan modelga keltirish mumkin. Murakkab tizimlar iyerarxiyaga asoslangan bo'lib, ularni tadqiq etish metodologiyasi fizik hodisalardan farqli o'laroq tajribaga asoslanmagan va yaxlitning o'z qismiga nisbatan noma'lumligiga asoslanadi. Bu yerda ana shunday tizimlarni tadqiq etishning tamoyillaridan biri — rekurrent izohlash tamoyilini qayd etib o'tish muhim: mazkur darajadagi tizim xossalari bevosita quyi tizim elementlarining xossalariidan kelib chiqib belgilanadi. Har bir keyingi iyerarxiya bosqichi (darajasi)ga o'tishda mazkur daraja tizimi oliy darajadagi tizim elementiga aylanadi.

Tizim ishonchliligi uni tashkil etgan elementlar ishonchliligiga bog'liq. Biroq bunda alohida elementlarning emas, balki ular birligi, ya'ni ulamalar va kesishuvlar ishonchliligi alohida muhim ahamiyat kasb etib, bunda nafaqat mustahkamlikka oid, balki foydalanish ishonchliligi (shu jumladan muhandislik tizimlarining ishlash ishonchliligi) ham nazarda tutiladi. Shu bilan birga, konstruksiyalar va inshootlarni loyihalash, qurish va ulardan foydalanish amaliyotida ko'pincha mustahkamlik ishonchliligi asosiy deb, foydalanish tavsiflarini ta'minlash ma'nosidagi ishonchlilik esa ikkinchi darajali deb qaraladi. Amalda loyihalash jarayonida foydalanish tavsiflari dastlabki (hisobiy) deb olinmaydi. Elementlar va ularning ulanmalari deformatsiya va mustahkamlikka hisoblanadi, biroq ruxsat etilgan deformatsiyalar har doim ham inshootning

me'yoriy foydalanish holatini ta'minlay olmaydi. Inshoot va alohida konstruksiyalarning ishonchliligi materiallar ichki xossalarining hamda tashqi shart-sharoitlarning (yuk va ta'sirlar) vaqtga bog'liq ravishda o'zgarishi bilan belgilanadi. Ushbu omillarning tavsif va ko'rsatkichlari inshoot montaji tugallangan vaqtga kelib uning boshlang'ich ishonchliligini belgilab, ana shu ishonchlilik foydalanishning birinchi kunidan boshlab asta-sekin pasayib boradi.

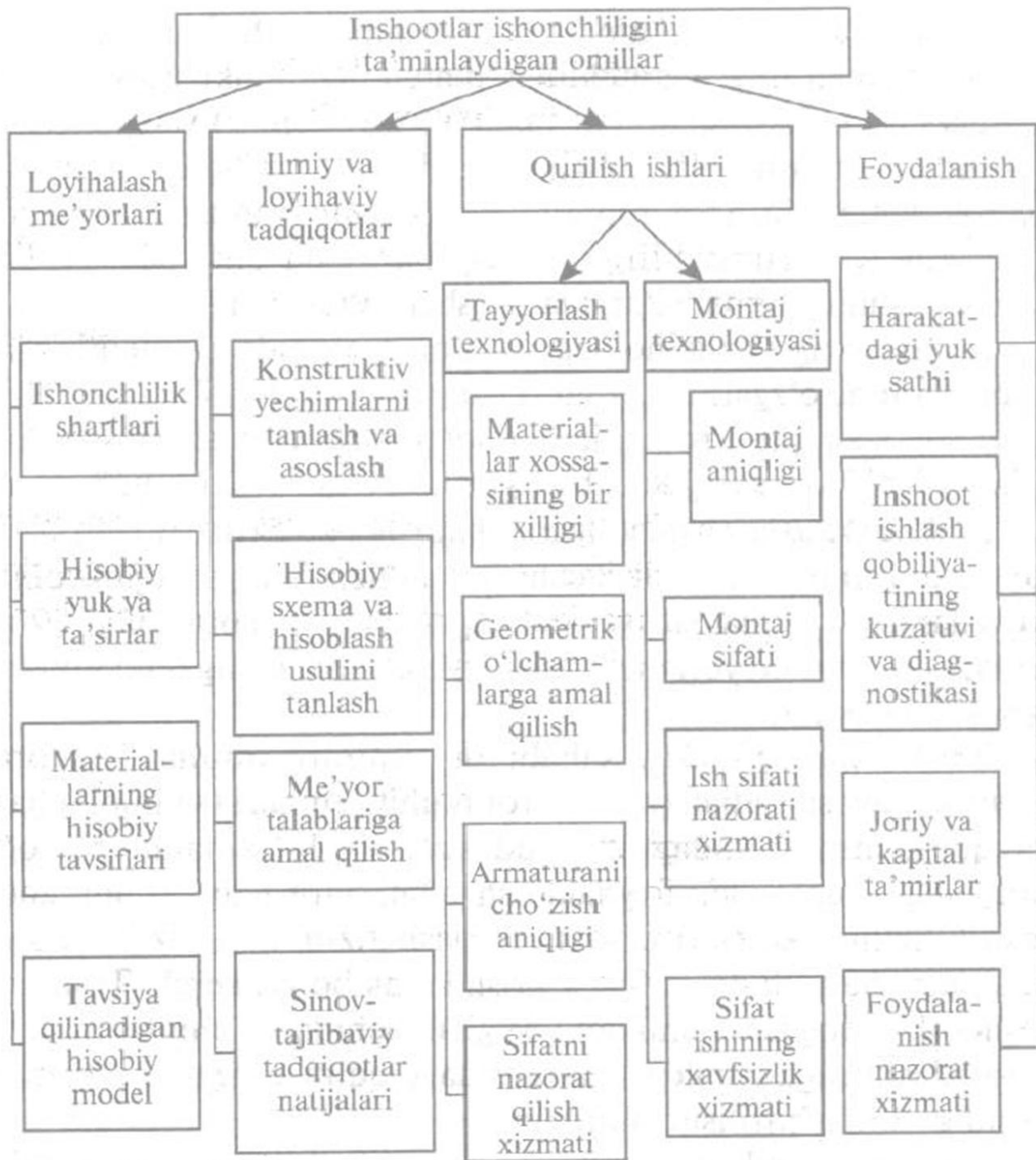
Inshootning yaxlit holdagi va uning alohida elementlari ish qobiliyatining o'zgarishiga olib keladigan sabab (omil)lar yig'indisi, ularning ta'sir qilish mexanizmi nuqtai nazaridan, shartli ravishda ikki — ichki va tashqi sabablar guruhiga ajratilishi mumkin.

Ichki ko'rinishga ega bo'lgan sabablarga konstruktiv elementlar tayyorlangan materiallarda kechayotgan fizik-kimyoviy jarayonlar, foydalanish vaqtida yuzaga keladigan yuk va jarayonlar, konstruktiv omillar, tayyorlanish sifati (ishlab chiqarishga oid nuqsonlar) kabilar kiradi.

Tashqi ko'rinishdagi sabablarga iqlimiy omillar (harorat, namlik, quyosh radiatsiyasi), atrof muhit omillari (shamol, chang va qum, atmosferadagi mavjud agressiv birikmalar, biologik omillar), shuningdek foydalanish sifati kiritiladi. Shuningdek, texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash tizimida ko'zda tutilgan ta'sirlarni ham shular safiga kiritish kerak bo'lsa kerak. Transport inshootlarining ishonchliligini belgilab beradigan omillar nisbatan tabaqalashtirilgan holda 1.1-rasmda taqdim etilgan to'rt asosiy guruhga birlashtirilishi mumkin.

Birinchi guruhga konstruksiya va inshootlarning hisobiy chegara holatlari nomenklaturasini tartibga soladigan umumme'yoriy qoidalar kiritilib, ular o'z ichiga turli sxema va modellar uchun tavsiya etiladigan, hisobiy yuk va ta'sirlar, hamda ular birikmalari, shuningdek materiallarning hisobiy tavsiflarini oladilar.

Ikkinchi guruhdan tajriba-nazariy tadqiqotlar hamda avvalgi loyihalashtirish tajribasi natijalari asosida qabul qilingan hisobiy sxema va modellar o'rin olgan. Ular hisoblash usullari, hajmiy-rejalashtirish va konstruktiv yechimlarni tanlash va asoslashni, mustahkamlik, barqarorlik va chidamlilik bo'yicha me'yoriy



1.1-rasm. Bino va inshootlarning loyihalash, qurish va foydalanish jarayonlarida ishonchligini belgilaydigan omillar.

talablar ta'minlanishini belgilab beradilar. Bunda asosiy omillar quyidagilar hisoblanadi: tizimdagi kuchlar va deformatsiyalarni aniqlash usullari; konstruksiyalar va birikish uzellari qarshiligining hisoblashi usullari; qabul qilingan hisoblash sxemasining real sharoitlarga muvofiq (adekvat)ligi; siljish va uzilishda birikuv va siqilishlar ko'rinishi hamda tizimlar fazoviy ishlashining hisobi; tizim, konstruksiya va tugunlarning plastik xossalari va uning

deformatsiyalanishining nohiziqliligi; deformatsiyalanish, mustahkamlik va uzoq muddat xizmat qilishini belgilaydigan uzoq davom etadigan jarayonlarni hisobga olish uslubiyoti.

Uchinchi guruhga konstruksiyalarni tayyorlash va materiallar xossalari o'zgaruvchanligi va konstruksiyalarning yuk ko'tarish imkoniyati kabi omillarni belgilaydigan, bino yoki inshootni tiklash jarayonida ularni montaj qilish shart-sharoitlari, konstruksiyalar o'lchamlari hamda loyiha bo'yicha holatidan chetga chiqishlar, ularni tayyorlash va montaj qilishdagi nuqsonlar, qurilish ishlarini nazorat qilish kabilar kiritiladi.

To'rtinchi guruh transport inshootlaridan texnik foydalanish bo'yicha talablar ro'yxatini o'z ichiga olib, unga quyidagilar kiritilgan: reja — oldini olish ta'mirlari hamda ularning texnik holatini nazorati, hamda xizmat ko'rsatadigan ishchi-xizmatchilar malakasini o'z ichiga olgan tizimdan iborat.

Inshootlardan foydalanish jarayonida ular texnik holatining o'zgarishiga sabab bo'ladigan ba'zi omillarni ko'rib chiqaylik. Ulardan eng muhimlari *konstruktiv ko'rinishga ega bo'lgan* omillardir. Ratsional (oqilona) konstruktiv yechimlar inshoot barcha elementlarining belgilangan foydalanish muddati davomida ularning normal holatda saqlash uchun minimal mehnat va mablag' sarflagan holda talab etilgan ish qobiliyatini ta'minlab beradilar. Shu vaqtning o'zida noratsional konstruktiv yechimlar ish qobiliyatini tezda yo'qotish yoki alohida konstruktiv elementlarning sinishi sabab bo'lishi mumkin.

Atrof-muhit omillari hamda iqlimiy omillarning inshootlar elementlari va konstruksiyalari ishlash qobiliyatiga ta'siri bevosita yoki konstruktiv elementlar ish qobiliyatining o'zgarishi sabablari bo'lgan jarayonlarning kechish jadalligiga ta'sir ko'rsatish yo'li bilan namoyon bo'ladi. Tegishli konstruktiv yechimlar yordamida ushbu omillarning salbiy ta'siri ancha kamaytirilishi yoki butunlay oldi olinishi mumkin. *Ishlab chiqarish omillari* konstruksiyalar ish qobiliyati tavsiflari qiymatlariga kattagina o'zgartirishlar kiritib, *foydalanish sharoitlari* (foydalanish va yuk tashish rejimlari) esa ularning ish qobiliyati tavsiflarining o'zgarishi intensivligiga katta ta'sir ko'rsatadi.

Inshootlarni loyihalash hamda ular uchun profilaktika choratadbirlarini rejalashtirishda muayyan rejimlarda va ulardan foydalanish sharoitlarida ularning umumiy ish qobiliyatini belgilaydigan konstruktiv elementlar ish qobiliyati tavsiflarini bilish zarur. Konstruktiv elementlar o'z ish qobiliyatini yo'qotishi sababi bo'lgan jarayonlar fizik mohiyatini, ta'sir qilayotgan foydalanish, iqlimiy va boshqa omillarning tasodifiy va noaniq xarakterini yetarli darajada bilmaslik, odatda, ko'pchilik konstruktiv elementlar uchun bog'liqliklarni analitik usul bilan olish imkonini bermaydi.

Bunday sharoitda ma'lumot hamda konstruktiv elementlar ish qobiliyati tavsiflari qiymatlarini olishning asosiy usullari bo'lib statistika eksperimenti hisoblanadi. Bunda ko'p omilli *statistika eksperimentiga* ustuvorlik berish maqbul hisoblanadi, chunki unda talab etilgan axborot bir omilli eksperimentga nisbatan kamroq kuzatuvlar hajmi yordamida olinishi mumkin. Passiv eksperimentlar ma'lumotlari (foydalanishga oid kuzatuvlar va ba'zi turdagi sinovlar natijalari) faol eksperimentlarni rejalashtirishda aprior (ilgaridan ma'lum bo'lgan) ma'lumot sifatida qo'llanishi lozim.

Inshootning barcha konstruksiyalari ishonchliligini tadqiq etishning murakkab jihati — ishonchlilikni belgilaydigan omillarning ko'p sonliligida. Ulardan asosiylari — materiallar turi, konstruksiyalar va ularning sxemalari xarakteri, mahsulot tayyorlanganligi va montaj, dopusklar va boshqva shu kabilardir. Bunda barcha ana shu talablar o'zaro bir-birini istisno etadi, masalan og'ir va yengil materiallar ulamalari. Bu yerda og'ir temirbeton elementlar harorat-namlik rejimi ta'sirida hajmiy deformatsiyalarga deyarli berilmaydi, biroq ularni tayyorlashda ruxsat etiladigan, ayniqsa montaj bo'yicha dopusklar ancha katta ko'rsatkichlarga ega. Metall, yog'och va plastmassadan yasalgan yengil elementlarda foydalanish jarayonida katta deformatsiyalar yuzaga keladi, ammo ularni tayyorlashdagi dopusklar ancha kichik. Foydalanilayotgan inshootlar ishonchliligini tadqiq etishda fizik va tuzilmaviy xossalari turlicha bo'lgan materiallarni qo'llash bilan bog'liq. Shunday qilib, inshootning yaxlit tizim sifatidagi ishonchliligi deganda, birinchi navbatda, uning sifat ko'rsatkichlari

barqarorligi hamda konstruksiyalar va tizimlar ishonchliligiga bog'liq bo'lgan ishlab turish samaradorligi tushuniladi.

Inshoot ishonchliligini baholash vazifasi qisman va to'liq ishdan chiqishlar obyektning sifati va mahsulot chiqarishi samarasiga ta'sirini aniqlashdan iborat bo'ladi. Ishonchlilik belgilovchi o'rin tutgan, shu bilan birga, obyektidan foydalanish bahosining tarkibiy qismi bo'lgan asosiy ko'rsatkich orqali tavsiflanishi lozim. Ko'priknining ishlab turishi nafaqat texnik, balki o'zgarib borayotgan ijtimoiy-iqtisodiy hamda tashkiliy talablarga qay darajada muvofiq ekanligi bilan o'z-o'zini oqlaydi va shuning uchun, tizimli yondashuv nuqtai nazaridan, uning yakuniy mahsulot sifatidagi ishonchliligining asosiy ko'rsatkichi — uning *optimal xizmat muddati* hisoblanadi. Ishonchlilikni ma'lum muddat davomida sifatni saqlab qolish deb ham tushunish mumkin. Bunda ishonchlilikning boshlang'ich davrida yuqori sifatsizligi to'g'risida so'z yuritishning hojati yo'q.

1.5. Ishonchlilik mezonlari va miqdoriy ko'rsatkichlarini belgilab olish uchun umumiy yondashuvlar

Konstruksiya yoki inshoot ishonchliligi me'yori sifatida tasodifiy hodisa ehtimoli olinib, u butun belgilangan foydalanish T^* muddati davomida bironta ham ishdan chiqish holati yuz bermasligidan iborat. Ushbu ehtimoliylik — $R(T^*)$ konstruksiya, inshoot (tizim) ishonchliligi deb nomlanadi. Ko'priklar va ularning turli ko'rinishlariga tegishli bo'lgan mas'uliyatli inshootlar uchun $R(T^*) > 1,0$.

Miqdoriy jihatdan ishonchlilik darajasi V.V. Bolotin taklifiga binoan logarifmik birliklar — bellarda o'lchanadi (B):

$$r = -\lg(1-P), \quad (1.1)$$

bu yerda r — ishonchlilik darajasi; P — ishonchlilik.

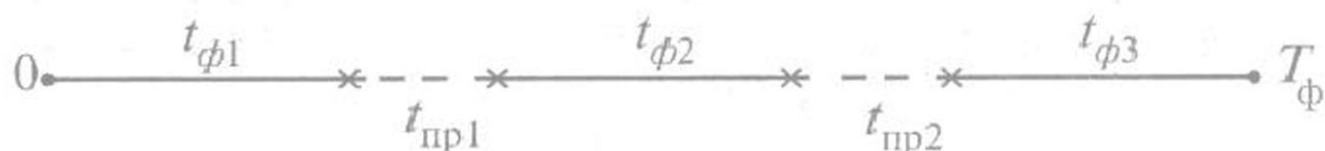
Bunda $P = 0,99$ ishonchlilikka uning $r = 2B$ darajasi, $P = 0,999$ ga $r = 3B$ darajasi va h.k. muvofiq keladi.

Butun belgilangan foydalanish muddati T uchun aniqlanadigan $P(T^*)$ ishonchlilik bilan birga ushbu t_i ($0 \leq t_i \leq T^*$) vaqtga

kelib erishilgan ishonchlilik $P(t_i)$ ni ham ko'rib chiqish maqsadga muvofiq. Tizim (konstruksiya, inshoot)ga ko'rsatiladigan tashqi ta'sir vaqt davomida amal qilib, tizimdan foydalanish esa uning sifati yomonlashib borishi bilan kuzatilgani sababli, odatda, ishonchlilik $P(t_i)$ kamayib boruvchi funksiya bo'lib chiqadi.

Sun'iy transport inshootlari tiklanuvchan obyekt (tizim) bo'lib, o'z funksiyalarini bajarish jarayonida ta'mirlash, kuchaytirish, alohida elementlarning almashtirilishiga yo'l qo'yiladi. Ana shunday tizim ishdan chiqqanida uning faqat ishdan chiqishini bartaraf etish davridagina ishlamasligi kelib chiqadi (1.2-rasm). U holda

$$t_{\phi 1} > t_{\phi 2} > \dots > t_{\phi i} \text{ bo'lganida, } T_{\phi} = \sum t_{\phi i} + \sum t_{np i}.$$



1.2-rasm. Obyekt ishining vaqtga oid grafigi: $t_{\phi 1}, t_{\phi 2}, t_{\phi 3}$ — obyektning ishlash (funksiyasini bajarish) davrlari; $t_{np 1}, t_{np 2}$ — obyektning to'xtab (ishlamay) turish davrlari; T_{ϕ} — obyektning to'liq ishlash (funksiyasini bajarish) vaqti.

Shunga bog'liq ravishda obyektning ishonchlilik mezon va ko'rsatkichlari ikki pozitsiyadan turib ko'rib chiqilishi mumkin:

— birinchidan, uning reglamentlangan (tartibga solingan) darajada birinchi ishdan chiqishiga $t_{\phi 1}$ qadar ishlash davrida (tiklash mavjud bo'lmaganida);

— ikkinchidan, butun ishlash davri $T_{\phi}^* = T^*$ davomida ishdan chiqqan obyekt (alohida konstruksiya)lar ta'mirlanishi, kuchaytirilishi, almashtirilishi sharti bilan. Obyekt tiklanmaydigan tizim deb qaralganida ularning mezon va ko'rsatkichlari quyidagi tarzda aniqlanadi.

Ishdan chiqishlar chastotasi ishonchlilikning vaqt davomida o'zgarishini tavsiflaydi va muayyan vaqt birligida ishdan chiqqan konstruksiyalar almashtirilmasligi va tiklanmasligi sharti bilan ularning boshlang'ich soniga nisbatidan iborat bo'ladi. Ishdan

chiqishlar chastotasi $f(t)$ teskari belgi bilan olingan ishonchlilik funksiyasining hosilasiga teng, ya'ni

$$f(t) = -\frac{dP(t)}{dt} = -P'(t). \quad (1.2)$$

Shunday qilib, ishdan chiqishlar chastotasini konstruktsiya (obyekt)ning birinchi ishdan chiqishiga qadar ishlash vaqti ehtimollik zichligi (yoki taqsimlanish qonuniyati) deyish mumkin.

Statistika jihatidan: $\bar{f}(t) = n(\Delta t) / N_0 \Delta t$, bu yerda $n(\Delta t)$ — obyektlarning quyidagi vaqt intervalida ishdan chiqishlari miqdori $(t - \Delta t / 2) - (t + \Delta t / 2)$; N_0 — sinov boshida bir tipdagi obyektlar soni; Δt — ko'rib chiqilayotgan vaqt oralig'i (intervali).

Ishdan chiqishlar jadalligi $\lambda(t)$ — muayyan vaqt birligida ishdan chiqqan konstruktsiya (obyekt)lar sonining ushbu vaqt mobaynida soz holda ishlab turgan konstruktsiyalarning o'rtacha soniga nisbatidir.

Statistika ta'rifidan kelib chiqilsa:

$$\bar{\lambda}(t) = n(\Delta t) / N_{op} \Delta t,$$

bu yerda $N_{op} = (N_i + N_{i+1}) / 2$ — Δt intervalida yaroqli (ishlab turgan) obyektlarning o'rtacha soni; N_i — shuning o'zi, faqat Δt interval boshida; N_{i+1} — shuning o'zi, faqat t interval oxirida.

Ishdan chiqishlar jadalligi $\lambda(t)$ va ular chastotasi $f(t)$ o'rtasida quyidagi bog'liqlik mavjud:

$$\lambda(t) = f(t) / P(t). \quad (1.3)$$

Ishdan chiqish ehtimoli $Q(t)$ — bu muayyan foydalanish shart-sharoitlarida berilgan vaqt intervalida hech bo'lmaganda bitta ishdan chiqish yuz berishi ehtimoliydir, ya'ni

$$Q(t) = P(T \leq t) = 1 - P(t), \quad (1.4)$$

bu yerda t — uning kechishi davomida ishdan chiqmay ishlash ehtimoli aniqlanadigan vaqt; T — obyektning boshidan to birinchi ishdan chiqishga qadar ishlagan vaqti.

Statistika nuqtai nazaridan:

$$\bar{Q}(t) = n(t) / N_0,$$

bu yerda $n(t)$ — t vaqtida ishdan chiqqan obyektlar soni.
Ehtimoliylik bahosi $Q(t)$ quyidagi ko'rinishga ega

$$Q(t) = \int_0^t f(t) dt. \quad (1.5)$$

Ishdan chiqmay ishlash ehtimoli $P(t)$ — bu muayyan foydalanish shart-sharoitlarida berilgan vaqt mobaynida yoki berilgan ishlash davri chegarasida bironta ham ishdan chiqish yuz bermasligi ehtimolidir.

Ushbu ta'rifga muvofiq

$$P(t) = P(T \geq t) = 1 - Q(t). \quad (1.6)$$

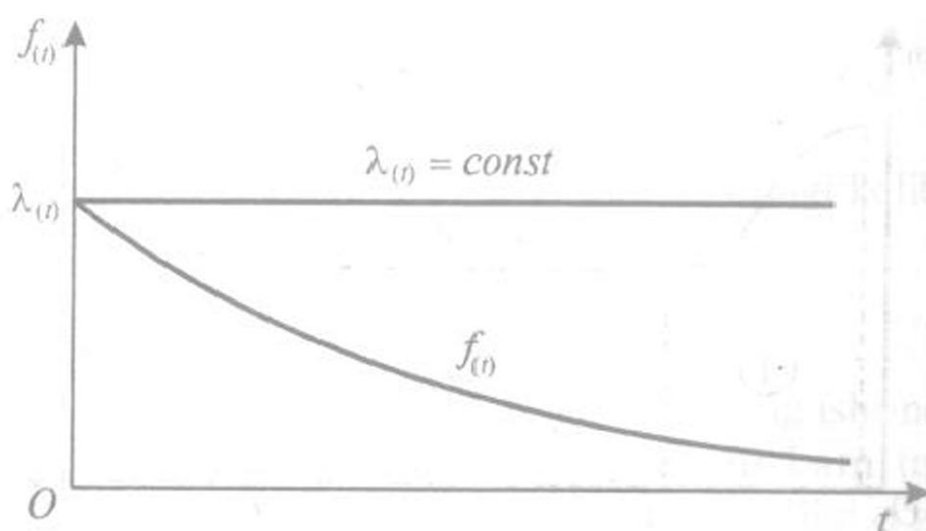
Statistika nuqtai nazaridan ishdan chiqmay ishlash ehtimoli — t vaqtga qadar ishdan chiqmay ishlagan konstruksiyalar sonini, boshlang'ich vaqtning $t=0$ momentida ishga qodir bo'lgan konstruksiyalar soniga nisbati hisoblanadi, ya'ni

$$\bar{P}(t) = [N_0 - n(t)] / N_0 \quad N_0 \text{ ga teng bo'lganida katta songa } \bar{P}(t) \approx R(t) \text{ nisbati.}$$

Shart-sharoitni hisobga olib, (1.3), (1.5), (1.6) ifodalarni ishdan chiqmay ishlash (ishonchlilik mohiyati) ehtimolini aniqlash maqsadida quyidagi ko'rinishda taqdim etish mumkin:

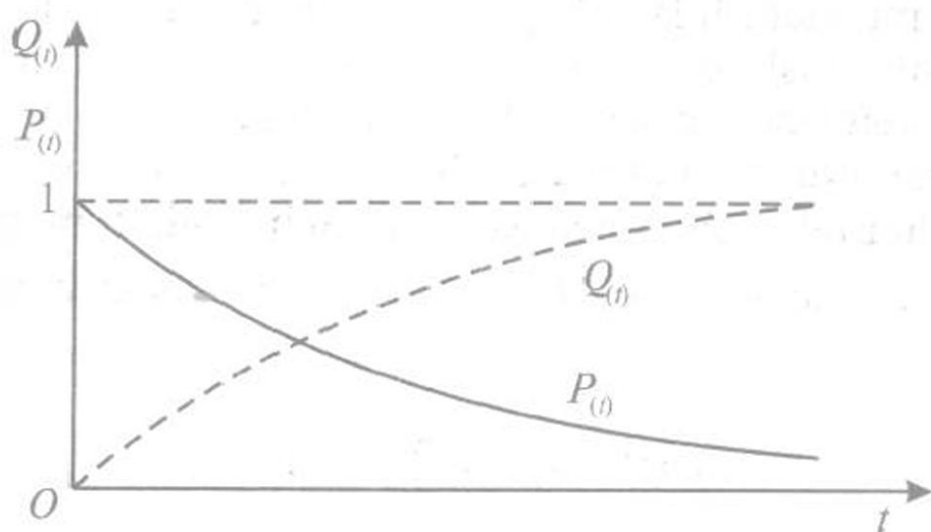
$$\left\{ \begin{array}{l} P(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right] \\ P(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt. \end{array} \right\}. \quad (1.7)$$

Agar ishdan chiqishlar jadalligi $\lambda(t)$ vaqtda doimiy bo'lib qolaversa, u holda ishdan chiqishlarning eksponentsal taqsimlanishi qonuniga ega bo'lamiz (1.3-rasm), bunda $\lambda = \text{const}$ va $f(t) = \lambda \exp(-\lambda t)$.



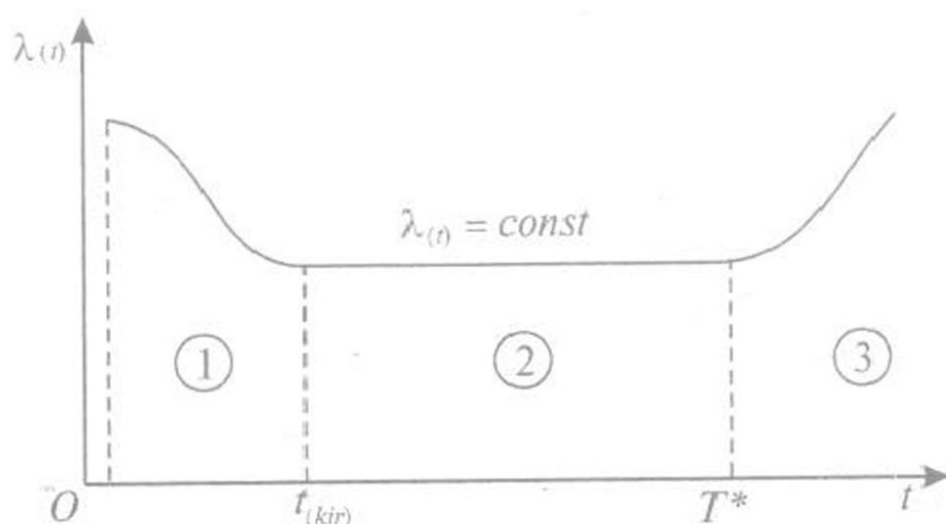
1.3-rasm. Ishdan chiqishlarning eksponential taqsimlanishi qonuniga muvofiq $\lambda(t)$ va $f(t)$ grafiklari.

Bu holda ishonchlilik funksiyasi (ishdan chiqmay ishlash) $P(t) = \exp(-\lambda t)$, ishonchsizlik funksiyasi $Q(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$. $P(t)$ va $Q(t)$ funksiyalarning grafik interpretatsiyasi 1.4-rasmda keltirilgan.



1.4-rasm. Ishdan chiqishlarning eksponential taqsimlanishi qonuniga muvofiq $P(t)$ va $Q(t)$ grafiklari

To'satdan ishdan chiqishlarni izohlab beradigan eksponential taqsimlanish qonunidan tashqari transport inshootlari uchun ishdan chiqishlar taqsimlanishining boshqa qonunlaridan ham foydalanish mumkin: normal, lognormal, Veybull-Gnedenko, Reley, asta-sekin ishdan chiqishlarni izohlaydigan Gamma-taqsimlanish.



1.5-rasm. Konstruksiyalar ishdan chiqishlari jadalligining xarakteri: 1 — ishga kirishish davri ($0, 1-0, 15$) T^* ; 2 — normal ishlash davri; 3 — eskirish davri (sinish)

Umuman qayd etish lozimki, konstruksiyalarning ishdan chiqishi jadalligi xarakteri foydalanishning belgilangan T^* muddatida turli-tuman bo'lishi mumkin (1.5-rasm).

Uzoq muddat ishdan chiqmay ishlash me'yori sifatida odatda konstruksiya(inshoot)ning foydalanish boshlanganidan to u ishdan chiqquniga (dastlabki ishdan chiqishgacha ishlangan vaqti) qadar o'tgan vaqt, ya'ni foydali ishlashning umumiy vaqti olinadi.

Birinchi ishdan chiqishga qadar o'rtacha ishlash muddati (o'rtacha ishlash davomiyligi) $T_{o'rt}$ quyidagi formulaga binoan aniqlanadi:

$$M(t) = T_{o'rt} = \sum_{-\infty}^{+\infty} tf(t)dt, \quad (1.8)$$

bu yerda $M(t)$ — ishga kirishishning matematik natijasi.

$t > 0$ va $P(t=0) = 1$ bo'lgani uchun, $P(t=\infty) = 0$; u holda

$$T_{o'rt} = \int_0^{\infty} P(t)dt. \quad (1.9)$$

Agar ishdan chiqishlar jadalligi $\lambda(t)$ vaqt davomida doimiy bo'lsa, ya'ni ishonchlilik funksiyasining $P(t)$ eksponential taqsimlanishi qonuni ko'rib chiqiladi, unda birinchi ishdan chiqishga qadar o'rtacha ishlash davri hisoblari quyidagini beradi:

$$T_{o'rt} = \frac{1}{\lambda}. \quad (1.10)$$

$P(t) = \exp(-\lambda t)$ va (1.10) nisbatlaridan quyidagi kelib chiqadi:

$$P(t) = \exp\left(-\frac{t}{T_{o'rt}}\right), \quad (1.11)$$

ya'ni ishonchlilik funksiyasi $P(t)$ nafaqat tizimning ishonchliligini, balki uning uzoq muddat davomida ishlashini ham tavsiflaydi. Bu qoida vaqt o'tishi bilan ishdan chiqishlar jadalligi o'zgarishiga oid boshqa qonuniyatlar uchun ham to'g'ri keladi.

Statistika ma'lumotlariga ko'ra

$$\bar{T}_{o'rt} = \sum_{i=1}^{N_0} t_i / N_0, \quad (1.11, a)$$

bu yerda t_i — i -obyektlarning ishdan chiqmay ishlash vaqti; N_0 — ko'rib chiqilayotgan obyektlar soni. Har bir i -intervalda ishdan chiqqan obyektlar soni n_i bo'lganida:

$$\bar{T}_{o'rt} \cong \sum_{i=1}^m n_i t_{o'rt,i} / N_0,$$

bu yerda $m = t_k / \Delta t$; t_k — barcha obyektlar ishdan chiqqan vaqt davomiyligi; $t_{o'rt,i} = (t_{i-1} + t_i) / 2$ — i -intervalning o'rtacha vaqti.

Yuqoridagi fikrlar asosida quyidagi xulosalarni qilish mumkin:
— uzoq muddat xizmat qilish va ishonchlilik tushunchalari orasida o'zarolilik nisbatlari mavjud;

— ishonchlilikning vaqtga bog'liq ravishda o'zgarishi jarayonini butun belgilangan muddat davomida ko'rib chiqish zarur;

— ishonchlilik funksiyasi $P(t)$ tizimning ham ishonchliligi, ham uzoq muddat ishlash imkoniyatini tavsiflaydi. Tiklangan, ta'mirlangan, profilaktikadan o'tgan tizimlar uchun ishonchlilik va uzoq muddat xizmat qilish bayoni qisman murakkablashadi.

Ta'mirga yaroqlilik miqdoriy jihatdan inshootlar konstruksiyalarining ishdan chiqqanligini aniqlash, bartaraf etish va oldini olish uchun vaqt va vosita sarfi bilan tavsiflanadi.

Ta'mirga yaroqlilikni miqdoriy baholash uchun ishonchlilikning bir qator kompleks ko'rsatkichlaridan foydalaniladi, ulardan tayyorlik K_T hamda ta'mirga yaroqlilik K_{TYA} koeffitsiyentlari ko'proq qo'llaniladi.

Tayyorlik koeffitsiyenti konstruksiya (inshoot) istalgan vaqt momentida normal ishlashi, ya'ni ta'mir holatida bo'lmasligi ehtimolini belgilab beradi. Tayyorlik koeffitsiyenti bir vaqtning o'zida obyektning ikki turli xil xossasini tavsiflaydi - uning ta'mirga yaroqliligi va ishdan chiqmay ishlashi hamda quyidagi formulaga binoan aniqlanadi.

$$K_T = T_{o'rt} / (T_{o'rt} + T_T), \quad (1.12)$$

bu yerda $T_{o'rt}$ — ishdan chiqmay ishlashning o'rtacha vaqti (dastlabki ishdan chiqishga qadar ishlash), (1.8), (1.9) shartlaridan kelib chiqib aniqlanadi; T_T — bir ishdan chiqishni tiklash uchun ketadigan o'rtacha vaqt, turli ko'rinishdagi ishdan chiqishlarni bartaraf etish tajribasi asosida qabul qilinadi.

(1.12) sharti xuddi shu davrdagi ta'mirlarning umumiy vaqti yig'indisini hisobga olgan holda obyektning butun ishlash davriga oid bo'lishi mumkin.

Agar obyektning ishlash vaqti va uni ta'mirlash vaqti o'zaro bog'liq emas deb qabul qilinsa, ushbu vaqt intervallarining har biri eksponential taqsimlanish bilan tavsiflanib, K_T qiymatining $f(K_T)$ zichligi quyidagi ifodadan topiladi:

$$f(K_T) = ab / [a + (b - a)K_T]^2, \quad (1.13)$$

bu yerda $T_{o'rt} = a$, $T_T = b$, $0 \leq K_T \leq 1$.

$K_{T,o'rt}$ kattaligining o'rtacha qiymati quyidagi tarzda aniqlanadi

$$K_{T,o'rt} = \frac{a}{a-b} + \frac{ab}{(a-b)^2} \ln \frac{b}{a}. \quad (1.14)$$

Zichlik $f(K_T)$ b/a nisbatning funksiyasi hisoblanadi. Shunday qilib, agar $b = ac$ deb qabul qilinsa, u holda

$$\left\{ \begin{aligned} f(K_T) &= \frac{c}{[1 + (c-1)K_T]^2} \\ K_{T_{o'n}} &= \frac{1}{(1-c)} + \frac{c}{(1-c)^2} \ln c \end{aligned} \right\} \quad (1.15)$$

$a \neq b$ va $c \neq 1$ bo'lganida, transport inshootlari konstruksiyalari uchun $b \ll a$ va $c \ll 1$, ya'ni $T_T \ll T_{o'n}$ va $T_T / T_{o'n} \ll 1$.

Inshoot konstruksiyalarining foydalanish ishonchliligini belgilab beradigan ta'mirga yaroqlilik koeffitsiyenti quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$K_{TYA} = \frac{C_0/t}{C_0/t + C_T/t} + \frac{C_0^{KEL}}{C_0^{KEL} + C_T^{KEL}} \quad (1.16)$$

bu yerda C_0 — konstruksiyaning smeta qiymati; C_T — foydalanish t davridagi konstruksiya ta'mirlarining umumiy qiymati; C_0^{KEL} — konstruksiyaning bir yilga keltirilgan qiymati; C_T^{KEL} — ta'mirlarning keltirilgan qiymati.

Ta'mirga yaroqlilik koeffitsiyenti inshootning mazkur konstruktiv elementi ishchi holatida ekanligi ehtimolini ko'rsatadi. Ta'mirga yaroqlilik koeffitsiyenti K_{TYA} tayyorlik koeffitsiyenti K_T bilan deyarli bir xil bo'lishiga qaramay, konstruksiyalarning foydalanish ishonchliligining muhim tavsiflarini olish imkonini beradi, chunki o'z ichiga iqtisodiy ma'lumotlarni ham olgan.

Yuqoridagi fikrlarni umumlashtirib, ishonchlilik mezonlarining qo'llanuvchanligiga oid quyidagi asosiy momentlarni qayd etish mumkin:

1) ishdan chiqishlar $f(t)$ — ishonchlilik(ishdan chiqmay ishlash)ning eng to'liq tavsifi.

2) birinchi ishdan chiqqunicha o'rtacha ishlash vaqti ko'rgazmali tavsif hisoblanadi, biroq uni murakkab tizimlar ishonchliligini baholash uchun qo'llash quyidagi shart-sharoitda cheklangan:

$$- T_o < T_{o'n};$$

- tizim zaxiralangan;
- $\lambda(t) \neq \text{const}$;
- t_i tizimning turli qismlari uchun har xil;
- ishdan chiqmay ishlash vaqtining taqsimlanish qonuni bir parametrlilik emas;

3) ishdan chiqishlar intensivligi $\lambda(t)$ o'ta sodda tizimlar uchun qo'llaniladi;

4) murakkab tizimlar ishonchliligining maqsadga eng muvofiq mezonini ishdan chiqmay ishlash ehtimoli $P(t)$ hisoblanadi.

Obyektni tiklanadigan tizim sifatida ko'rib chiqilganida, ularning ishonchliligi mezonlari va ko'rsatkichlari quyidagi tarzda aniqlanadi.

Ishdan chiqishlar oqimi parametri $\varpi(t)$ ishdan chiqqan obyektlar ta'mirlanganlari bilan almashtirilganligi sharti bilan statistika jihatidan quyidagi shartdan kelib chiqib aniqlanadi:

$$\overline{\varpi}(t) = n(\Delta t) / N(\Delta t), \quad (1.16, a)$$

bu yerda n — (Δt) vaqt intervalida ishdan chiqqan obyektlar soni $(t - \Delta t / 2) - (t + \Delta t / 2)$; N — sinovdan o'tkazilgan obyektlar soni; Δt — vaqt intervali.

Ishdan chiqishlar oqimi parametri $\varpi(t)$ va ishdan chiqishlar chastotasi $f(t)$ cheklangan oqibatli ordinar oqimlar uchun ikkinchi turdagi Volterra integral tenglamasi bilan bog'liq:

$$\varpi(t) = f(t) + \int_0^t \varpi(\tau) f(t - \tau) d\tau. \quad (1.17)$$

Bu tiklanmaydigan va tiklanadigan obyekt (konstruksiya)lar ishonchliligining miqdoriy tavsiflarini zudlik bilan tiklash chog'ida bog'lab turadigan asosiy tenglama hisoblanadi (masalan, transport inshooti konstruksiyasini transport harakatini to'xtatmagan holda tiklash).

(1.17) tenglamasini operator shaklida quyidagicha yozib olish mumkin:

$$\varpi(S) = f(S) / [1 - f(S)], \quad f(S) = \varpi(S) / [1 + \varpi(S)] \quad (1.17, a)$$

buning uchun $f(S)$ va $\varpi(t)$ funksiyalarining Laplas o'zgartirishlariga ega bo'lish lozim.

Ishdan chiqishlar oqimi parametri xossalari:

a) $\varpi(t) > f(t)$;

b) $P(t_i)$ bo'lganida, $t \rightarrow \infty$ $1/T_{cp}$ ga intiladi, ya'ni ta'mirlanayotgan obyektlardan uzoq muddat foydalanishda ularning ishdan chiqish oqimi statsionar ko'rinish oladi;

d) agar $\lambda(t)$ — vaqtning o'sib boruvchi funksiyasi bo'lsa, u holda $\lambda(t) > \varpi(t) > f(t)$; agar $\lambda(t)$ — kamayib boruvchi funksiya bo'lsa, u holda $\varpi(t) > \lambda(t) > f(t)$;

e) $\lambda(t) \neq const$ bo'lganida, tizim oqimi parametri tarkibiy qismlar ishdan chiqishlari oqimi parametrlari yig'indisiga teng

emas, ya'ni $\varpi_c(t) \neq \sum_{i=1}^N \varpi_i(t)$;

f) $\lambda(t) = \lambda = const$ bo'lganida, ishdan chiqishlar oqimi parametri ishdan chiqishlar jadal (intensiv)ligiga teng, ya'ni $\varpi(t) = \lambda(t) = \lambda$.

Ishdan chiqqunga qadar soz holda ishlash $\bar{t}_{cp}$ — «qo'shni» ishdan chiqishlar orasida o'tgan vaqtning o'rtacha qiymati, statistika nuqtai nazaridan quyidagi ifodalar yordamida aniqlanadi:

— bir obyekt uchun $\bar{t}_{cp} = \sum_{i=1}^n t_i / n$, bu yerda t_i — soz holda ishlagan vaqti; n — ishdan chiqishlar miqdori;

— N obyektlar uchun $\bar{t}_{cp} = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n t_{ij} / \sum_{j=1}^N n_j$.

QURILISH KONSTRUKSIYALARINI CHEGARAVIY HOLATLAR BO'YICHA HISOBLASH USLUBIYOTINING ASOSLARI

2.1. Ko'priklarni hisoblash va ularni loyihalash usullari taraqqiyotining tarixiy bosqichlari

Ko'prik qurishga bo'lgan ehtiyoj, shu bilan birga ularni tiklashga oid muayyan ko'nikmalar sivilizatsiya (ijtimoiy va moddiy madaniyat taraqqiyoti)ning eng boshlang'ich bosqichida, ibtidoiy davrdayoq yuzaga keldi. Ko'prik o'rnida ag'darilgan daraxtlar, lianalar yordamida mahkamlangan daraxt tanalari, oddiy tirgakli ko'priklardan foydalanilgan. Davlat uyushmalarining yuzaga kelish davri yirik suv to'siqlari orqali qatnov yo'llari qurilishi bilan tavsiflanadi. Yevropadagi bizga ma'lum bo'lgan ilk ko'priklardan biri — miloddan avvalgi 515 yilda yunon quruvchisi Mandrokl tomonidan Bosfor ustidan tashlangan Doro (suzuvchi) ko'prigi hisoblanadi. Miloddan avvalgi taxminan birinchi to'rtinchi asrlarda tosh ravoqli ko'priklar qurila boshlandi. Shu vaqtning o'zida boshqa inshootlar (ibodatxonalar, saroylar va h.k.) bilan bir qatorda ko'priklarni ongli ravishda loyihalash boshlandi. Me'mor (arxitektor) kasbi paydo bo'ldi.

O'sha davr loyihalash ishlari, asosan, geometrik mutanosiblikka rioya qilish orqali amalga oshirilar edi. Asosiy uslublardan biri tabiatga taqlid qilish bo'lib, bu inshoot mustahkamligining kafolati hisoblanar edi. Masalan, bu hol yuk ko'taradigan kolonnalar o'lchamlarining inson tanasi mutanosibligiga monand qilib bajarishda ifodalangan.

O'rta asrlar davrida loyihalashtirish, asosan, intuitiv tusga ega bo'lib, bunda ilgari qurilgan ko'priklar tajribasidan foydalanila boshlandi. Tayanchlar asosiy konstruktiv element hisoblanadi, chunki oraliqlar uzunligi u qadar katta emas edi.

Taxminan XV asrdan boshlab turli konstruktiv shakllar: tosh ravoqlar, arkalar, yog'och fermalar taraqqiy eta boshladi. XVIII asrda temir va cho'yan oraliqli qurilmalar paydo bo'ldi. Bu davrga kelib maxsus qurilish fanlari — qurilish mexanikasi va materiallar qarshiligi rivoj topdi (G. Galiley, 1638-y.).

Xususan, muayyan ko'priklar uchun dastlabki yuklar me'yorlari, materiallarning mustahkamligi, elementlarga tushayotgan kuch va kuchlanishlarni aniqlash maqsadida ularni sinovdan o'tkazish ishlari amalga oshirilgan bo'lsa, XIX asrga kelib materiallar yuk va mustahkamligi me'yorlari yuzaga kela boshladi.

Yuk me'yorlari eng og'ir foydalanish yuki sifatida tayinlanib, materiallarning me'yoriy mustahkamligi — elastiklik chegarasining taxminan $1/3$ qismi yoki mustahkamlik chegarasining $1/6$ qismi deb qabul qilindi. 1870-yillarda payvandlanadigan temir uchun ruxsat etilgan kuchlanishlar $600...700 \text{ kg/sm}^2$ deb qabul qilindi. XIX asrning ikkinchi yarmida fransuz bog'boni Mone temirbetonni ixtiro qildi. XIX asr oxiri — XX asr boshlarida temirbeton ko'priklar paydo bo'la boshladi. 1908-yildayoq temirbeton inshootlarni loyihalashning texnik shartlari tasdiqlanib, ularda betonning siqilishga mustahkamligi vaqtga bog'liq qarshilikning $1/6$ qismi deb, armatura mustahkamligi esa — 800 kg/sm^2 deb qabul qilindi.

Konstruksiyanı hisoblashning yakuniy maqsadi — uning foydalanishga yaroqliligi hamda tejamkorligini miqdoriy jihatdan baholashdan iborat bo'lib, bu hisoblash usullaridan birini tanlashda o'z aksini topadi. O'z navbatida, qurilish konstruksiyalarining hisoblash usullari zarur foydalanish shartlari hamda talab etilgan xizmat qilish muddatini ta'minlaydigan loyihalash me'yorlarining hisoblash talablariga kiritiladigan ishonchlilik darajasini belgilab beradi. Uzoq vaqt davomida, Galileo Galiley davridan beri (1564 — 1642 gg.), asosan yog'och va tosh konstruksiyalar qurilgan, konstruksiyaning ehtimoliy sinish sxemasi va uni sindiruvchi kuchni aniqlashdan kelib chiqadigan konstruksiyaning chegaraviy ko'taruvchanlik xususiyati to'g'risidagi tasavvur ustuvor bo'lib keldi. Biroq, katta yuk tushganida konstruksiyalar o'zini qanday tutishi to'g'risida

eksperimental ma'lumotlar yo'qligi, sinish sxemasi to'g'risida turli farazlar paydo bo'lishiga olib kelib, hisoblashlarga shartlilik va o'zboshimchalik (proizvol) elementlari qo'shila boshlandi.

XIX asr o'rtalariga qadar binolar va inshootlar avvalgi tajriba va muhandislik hissiga asoslanib barpo etilar edi. Avval cho'yan, so'ng temir va po'latdan bo'lgan metall qurilish konstruksiyalarining paydo bo'lishi (XVIII asr) hisoblarga tosh va yog'ochdan qurilgan davrga nisbatan jiddiyroq yondashishni talab qildi. 1826 yilda Nave konstruksiyalarni chegaraviy (ya'ni yakuniy) holatiga ko'ra hisoblashdan voz kechish va o'z vaqti uchun ilg'or-ishchi yoki boshlang'ich holat g'oyasini ilgari surib, uning ostida ishchi, real yuk ta'sirida yuzaga kelgan kuchlanish — deformatsiya holati ko'zda tutilgan edi. Mustahkamlik muammosiga bunday yondashilganida sinish sxemasini oldindan belgilash zarurati yo'qoladi. Amaldagi yukdan tushayotgan kuchlanishlarni aniqlab, ularni chegaraviy qiymati bilan taqqoslashning o'zi kifoya. Ko'rib chiqilayotgan materialdagi tajriba yordamida belgilangan kuchlanishning chegaraviy qiymati mustahkamlik zaxira koeffitsiyentiga bo'linganidan so'ng ruxsat etiladigan kuchlanishni berib, mustahkamlikka hisoblash ishchi kuchlanishlarni ruxsat etilgan kuchlanishlar bilan taqqoslashdan iborat bo'lib qoladi. Shuning uchun ishchi holati bo'yicha hisobni odatda ruxsat etiladigan *kuchlanishlar bo'yicha hisoblash* deb ataydilar. O'q bo'yicha cho'zilish (siqilish)ga ishlayotgan brus mustahkamligining tegishli mustahkamlik sharti quyidagi ko'rinishga ega:

$$\sigma_{\max} = N_n / A_{\text{net}} \leq [\sigma], \quad (2.1)$$

bu yerda $\sigma_{\max}$ — hisoblanayotgan brusda mutlaq qiymatiga ko'ra eng katta normal kuchlanish, ya'ni xavfli ko'ndalang kesimdagi kuchlanish, Pa; N_n — ko'rsatilgan kesimda amaldagi yoki me'yoriy yuklardan tushadigan bo'ylama kuch, N; A_{net} — netto kesimi yuzasi, ya'ni ehtimoliy zaiflashish (teshik, kesik va h.k.)larni hisobga olib, m²; $[\sigma] = \sigma_{\text{lim}}/K$ — brus materialining yo'l ruxsat etilgan kuchlanishi; σ_{lim} — chegaraviy (xavfli) kuchlanish, ya'ni σ_y plastik material oquvchanlik chegarasi yoki σ_t mo'rt materialning mustahkamlik chegarasi; K — mos ravishda quyidagilar

uchun zaxira koeffitsiyenti: oquvchanlik chegarasi (K_y) yoki mustahkamlik chegarasi (K_u) ga nisbatan; beton va temirbeton uchun $K_y = 2...3,5$, yog'och uchun $K_y = 3,5...6$, qurilish metall konstruksiyalarda eng ko'p tarqalgan St 3 markali po'lat uchun $K_u = 1,5$. (2.1) sharti mustahkamlikka hisoblashning uch turini amalga oshirish imkonini beradi:

1. *Mustahkamlikka tekshirish* (tekshiruv hisobi). Ma'lum yuk bo'yicha (demak, brusning xavfli kesimidagi bo'ylama N_n kuchga) va ko'ndalang o'lchamlari (ya'ni A_{net} kesim yuzasi) bo'yicha eng katta ishchi kuchlanish aniqlanib, materialning ruxsat etilgandan kuchlanishi bilan taqqoslanadi. Hisoblash bevosita (2.1) formulasiga binoan bajariladi.

2. *Kesimni tanlash* (loyiha bo'yicha hisoblash) — konstruksiyalarni loyihalashda eng mas'uliyatli va keng tarqalgan vazifa. Berilgan yuk va qo'llanilayotgan materialning ruhsat etilgan kuchlanishi bo'yicha brus ko'ndalang kesimining talab etilayotgan yuzasi aniqlanadi.

3. *Ko'taruvchanlik xususiyatini aniqlash*. Elementning ma'lum ko'ndalang o'lchamlari va materialning ruxsat etilgan kuchlanishi bo'yicha unga beriladigan ruxsat etilgan kuchning ehtimoliy qiymati aniqlanadi. Hisoblashning bu turidan asosan inshootlarni qayta tiklashda, ilgari qurilgan konstruksiyalar ortgan kuchlarga kuchaytirishsiz dosh berish-bermasligini aniqlash talab etilganida foydalanadilar (masalan, ishlab chiqarish binosining texnologiya rejimi o'zgarishidan).

1-misol. Ruxsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha hisoblash usulini qo'llab, $F_{1n} = 300$ kN va $F_{2n} = 600$ kN kuchlar bilan yuklangan, tomonlari $a = 40$ sm bo'lgan kvadrat kesimli bikr temirbeton kolonna po'lat armatura kesimini tanlash (1.2-rasm). Armaturaning elastiklik moduli Y_e , beton elastiklik moduli Y_b dan 10 barobar ortiq. Betonning o'q bo'ylab siqilishdagi ruxsat etilgan kuchlanishi $[\sigma_b] = 8$ MPa.

Yechim. Armaturaning bo'ylama sterjenlari beton bilan tishlashishi natijasida birga ishlashadi. Sterjen kesimini aniqlash uchun, kolonnada sodir bo'ladigan umumiy yukning qanday qismi armatura xissasiga to'g'ri keladi. Betondagi kuchni N_b , arma-

turadagi kuchni esa N_s bilan belgilaymiz. Unda kolonnaning konsolidan pastda joylashgan eng ko'p yuklangan qismi (1-1 kesim) uchun yagona muvozanat tenglamasini tuzish mumkin:

$$\sum z = 0; N_s + N_b - F_1 - 2F_2 = 0. \quad (2.2)$$

Uning tarkibida ikkita noma'lum kuch mavjud bo'lib, ya'ni masala bir marta statik noaniq va qo'shimcha ravishda siljishlar tenglamasini tuzish talab etiladi.

Demak, $\sigma_s = 10[\sigma_b]$, chunki betondagi kuchlanishning xavfli holatida ruxsat etilgan qiymatga erishilgan.

Armatura va beton birga ishlashi (tishlashi) natijasida po'lat sterjenlarning qisqarishi beton qisqarishiga teng:

$$\Delta l_s = \Delta l_b. \quad (2.3)$$

(2.3) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$N_s H / (E_s A_s) = N_b H / (E_b A_b) \quad (2.4)$$

yoki H ga qisqartirgandan so'ng

$$N_s / (E_s A_s) = N_b / (E_b A_b), \quad (2.5)$$

bundan (2.4) formulaga binoan: $\sigma_s / E_s = \sigma_b / E_b$; $\sigma_s = \sigma_b E_s / E_b$. Ammo masala shartiga ko'ra $E_s / E_b = 10$.

Demak, $\sigma_s = 10[\sigma_b]$, chunki betondagi kuchlanishning xavfli holatida ruxsat etilgan qiymatga erishilgan.

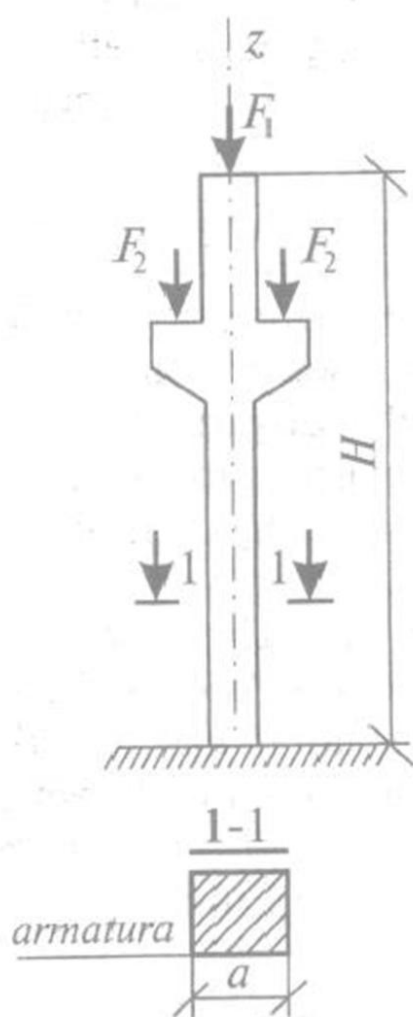
Armatura kesimini tanlash. Yuklarning me'yoriy qiymatlarini qo'yib, hamda kuchlarni kuchlanish orqali ifodalab, (2.2) tenglamani qayta yozamiz:

$$\sigma_s A_s + [\sigma_b] A_b = F_{1n} + 2F_{2n}, \quad (2.6)$$

yoki σ_s qiymatini hisobga olgan holda

$$10[\sigma_s] A_s + [\sigma_b] A_b = F_{1n} + 2F_{2n}. \quad (2.7)$$

Bundan armatura kesimining talab etilayotgan minimal yuzasi



2.1-rasm. Kvadrat kesimli temirbeton kolonna.

$$A_s = (F_{ln} + 2R_{2n} - [\sigma_b]A)/(10[\sigma_b]). \quad (2.8)$$

Beton egallagan yuza taxminan kolonna butun kesimi maydoniga teng deb faraz qilib ($Ab \approx A = a^2$), quyidagiga ega bo'lamiz:

$$A_s = (F_{ln} + 2F_{2n} - [\sigma_b]a^2)/(10[\sigma_b]) = [(300 + 2 \cdot 600)10^3 - 8 \cdot 10^6 \cdot 0,4^2]/(10 \cdot 8 \cdot 10^6)m^2 = 27,5 \cdot 10^{-4} m^2 = 27,5 \text{ sm}^2.$$

Umumiy yuzasi $A_s = 4ld^2/4 = 3,14 \times 3,22 \text{ sm}^2 = 32,2 \text{ sm}^2 > 27,5 \text{ sm}^2$ ga teng, diametri $d = 32 \text{ mm}$ (4032 A-II) bo'lgan to'rtta sterjenni qabul qilamiz.

Keltirilgan hisob-kitoblar materiallar qarshiligi formulalariga asoslanib qurilgan va temirbetonning elastik material kabi ishlash shartiga asoslangan. Biroq temirbeton yassi kesimlar taxmini (farazi — gipotezasi) va Guk qonuniga qat'iy bo'ysunmaydi, armatura va beton elastiklik modullarining nisbati — Y_e/Y_s doimiy bo'lmay, betondagi kuchlanishlar, beton tarkibi, uning «yoshi» va boshqa hisobga olinishi qiyin bo'lgan omillarga bog'liq. Ko'p sonli tajribalar ko'rsatishicha, armaturadagi hisoblash yo'li bilan olingan kuchlanishlar doim haqiqiysidan katta, ya'ni po'lat ortiqcha sarfiga yo'l qo'yiladi. Shunday qilib, temirbeton konstruksiyalarning ruxsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha hisoblash yoki ko'pincha klassik nazariya deb ataladigan "elastik temirbeton" usuli shartli hisoblanadi. U nafaqat konstruksiya yoki elementni avvaldan berilgan zaxira koeffitsiyenti bilan loyihalash, balki armatura va betondagi haqiqiy kuchlanishlar qiymatlarini aniqlash imkonini bermaydi. Mazkur usulning kamchiliklari (yuqori darajada mustahkam, yengil) betonning hamda yuqori mustahkamlikka ega po'latning yangi turlarini amaliyotga tatbiq etishda ayniqsa yorqin namoyon bo'ldi.

Qurilish hajmlari ortishi bilan qurilish konstruksiyalarida materiallar tejash zaxiralarini topish ehtiyoji paydo bo'lib, zaxira koeffitsiyentini ilmiy asoslash masalasini hal qilishga o'tkir ehtiyoj yuzaga keldi. Konstruksiya ishi to'g'risida ilmiy asoslangan tasavvurlarga qurilgan inshootlarni hisoblash nazariyasi paydo bo'lishi, konstruksiyalarni hisoblashning matematik usullari rivojlanishi bilan zaxira koeffitsiyentiga oid tasavvurlarga aniqlik kiritila boshlandi. Zaxira koeffitsiyenti tushunchasini tatbiq etish sinishga qarshi yetarli kafolatga ega bo'lish zaruratidan kelib

chiqadi. Yuk va materiallar mustahkamlik xossalarining yetarli o'rganilmaganligi XIX asr oxirida asoslangan zaxira koeffitsiyentini joriy qilish imkonini bermadi. Zaxira koeffitsiyenti, demak, ruxsat etilgan kuchlanish qiymati, ko'plab omillarga, birinchi navbatda hisoblashda real yuklarni naqadar aniq hisobga olish mumkinligi, konstruksiyalar asosiy materiali va alohida sinalgan namunalar materiali xossalarining mos tushishi, inshootlardan foydalanishda konstruksiyalarning sharoitlari doimiylikini qay darajada kafolatlash mumkinligiga bog'liq bo'lgan. Ruxsat etilgan kuchlanish bo'yicha hisoblash usuli elastik materiallar qarshiligining asosiy qoidalariga asoslanib, yagona zaxira koeffitsiyentidan foydalangan va tajriba natijalaridan farqli natijalarga olib kelgan. Masalan, markazdan tashqari siqilishga ishlaydigan g'isht kolonnalarning haqiqiy mustahkamligi hisoblash bo'yicha kutilganiga nisbatan 1,5 barobar katta, eksentrisitet mavjud bo'lganda esa 2 barobar katta bo'lib chiqdi.

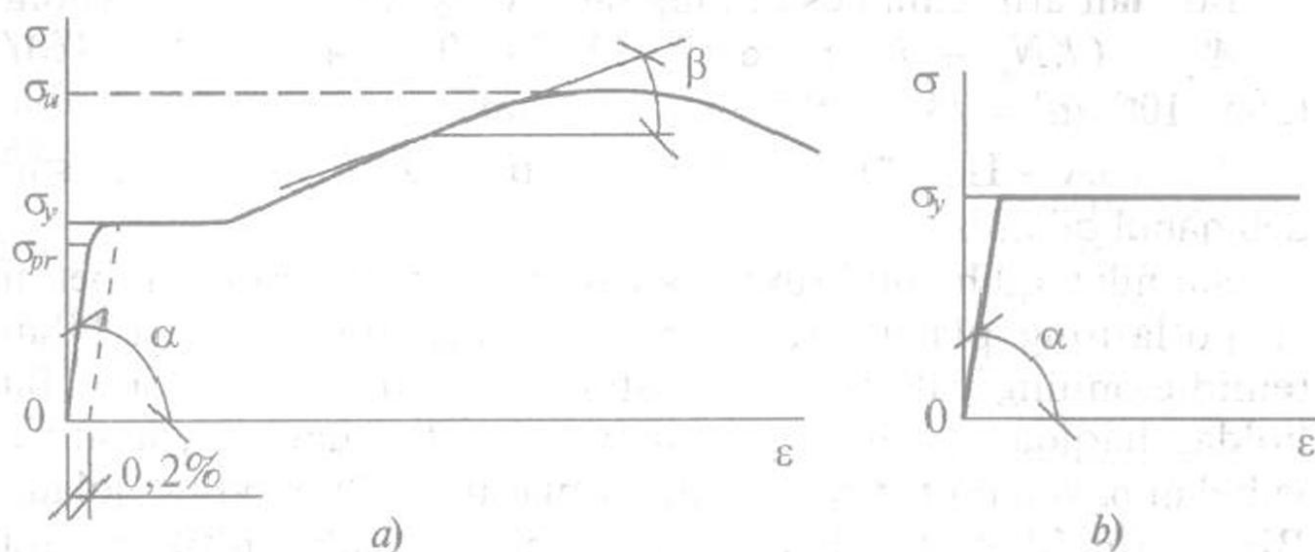
Armatoshli hamda temirbeton konstruksiyalarning sindiruvchi kuchlari bo'yicha yig'ilgan tajriba ma'lumotlari 1938 yili ruxsat etilgan kuchlanishlar hisobidan *sindiruvchi kuchlar bo'yicha* hisoblashga o'tish imkonini berdi. Ko'rib chiqilayotgan usul hisoblashlar orqali kuchlanishlarni emas, balki konstruksiyalar, sinmay va uzluksiz ortib borayotgan plastik deformatsiyalarga duch kelmay chidash berishi mumkin bo'lgan *chegaraviy yukni* aniqlashni ko'zda tutadi. Ushbu usul bo'yicha hisoblashda konstruksiyaga tushadigan ruxsat etilgan foydalanish yukini sindiruvchi kuchning bir qismi sifatida aniqlaydilar. Bu materialning noelastik xossalarini hisobga olish imkonini berib, o'z navbatida hisoblash natijalarini konstruksiyalarning amaldagi ko'taruvchanlik xususiyatiga yaqinlashtirdi. Biroq, bu usul ham yagona zaxira koeffitsiyentiga asoslangan edi. Bunda mustahkamlik sharti sifatida eng katta yuk chegaraviy yukni mustahkamlik zaxira koeffitsiyentiga bo'lish yo'li bilan olingan ruxsat etilgan qiymatdan ortiq bo'lmasligi to'g'risidagi talab ilgari surilgan, ya'ni

$$F_{\max} < [F] = F_{\lim}/K. \quad (2.9)$$

Zaxira koeffitsiyenti K ruxsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha hisoblashdagi kabi maqsadlardan kelib chiqib tayinlanadi. Sindi-

ruvchi kuch bo'yicha hisoblash g'oyasi A. F. Loleyta (1868 — 1933) tegishli. U ushbu fikrni ilk bor 1904 yili temirbeton klassik nazariyasining nomukammalligini tahlil qila turib bildirgan edi. MDH mamlakatlarida bu g'oya 30-yillar boshida nisbatan ilg'or me'yoriy hujjatlar ishlab chiqish zarurati tufayli ayniqsa dolzarb ahamiyat kasb etdi. Uning asosida *chegaraviy muvozanat* sharti yotgan bo'lib, u temirbeton elementning biron-bir kesimida po'lat armaturaning oquvchanlik chegarasi hamda beton mustahkamlik chegarasiga bir vaqtning o'zida erishishni ko'zda tutib, *plastik sharnir* nomini olgan hodisa yuzaga kelganini ma'lum qiladi. Bu temirbeton uchun yagona mustahkamlik mezonini topish imkonini berib, avvalgi — klassik nazariyaga muvofiq armatura va beton tegishli ruxsat etilgan kuchlanishlardan kelib chiqib, alohida-alohida hisoblanar edi. Plastik materialdan yasalgan konstruksiyalarni sindiruvchi kuchlar bo'yicha hisoblashda cho'zilishning soddalashtirilgan diagrammasi qabul qilinadi. Past uglerodli qurilish po'lati (2.2-a rasm) uchun ideal elastik-plastik material diagrammasi yaqin hisoblanadi (Prandtl diagrammasi, 2.2-b rasm). Yotiq (qiya) egri chiziq material ishining elastik ($\sigma = Y\epsilon$, bu yerda $Y_e = \tan \alpha$), gorizontaal chiziq (cheksiz oquvchanlik maydonchasi) esa plastik ($\sigma = \sigma_u$) bosqichini tavsiflaydi.

Nisbiy uzayish muayyan qiymatga yetgan (St 3 uchun $\epsilon = 2,5\%$) real shart-sharoitda po'lat "oqishdan" to'xtab, yana



2.2-rasm. Prandtl diagrammasi.

tashqi ta'sirlarga qarshilik ko'rsatish imkoniga ega bo'ladi (o'z-o'zini mustahkamlash bosqichi). Biroq, plastik deformatsiyalar moduli $E_{pl} = \text{tg}\beta$ shu qadar kichikki, uni nolga teng deb ham hisoblash mumkin (o'rtacha $E_{pl} = 0,01E$). Oquvchanlik maydonchasiga ega bo'lmagan po'lat uchun ham shu fikr to'g'ri bo'ladi, shu sababli Prandtl diagrammasi aksariyat hollarda har qanday po'latga nisbatan qo'llanishi mumkin.

2-misol. Quyidagi misol sindiruvchi kuchlar bo'yicha hisoblash nuqtai nazaridan ko'rib chiqilsin, mustahkamlik zaxira koef-fitsiyentini $K = 2$ deb qabul qilib, prizmalı beton mustahkamligini esa $R_{bn} = 14,5 \text{ MPa}$, po'latning oquvchanlik chegarasini $\sigma_y = 295 \text{ Mpa}$ deb olamiz.

Yechim. Hisoblash beton va armatura plastik holatga yetib, ularning birga ishlashiga hali putur yetmagan sinish bosqichi bo'yicha amalga oshiriladi. Shu sababli ko'rsatilgan misolning (2.9) tenglamasida betonning siqilishga mustahkamlik chegarasi (*prizma mustahkamligi*) va armatura po'latining oquvchanligi chegarasini kiritamiz. Bu holda berilgan zaxira koefitsiyentini hisobga olgan holda quyidagiga ega bo'lamiz

$$\sigma_u A'_s + R_{bn} A_b = KN_n, \quad (2.10)$$

bu yerda kolonnaning quyi qismidagi kuch:

$$T_m = A_{1m} + 2A_{2m} = 300 + 2 \cdot 600 \text{ лP} = 1500 \text{ лPю}$$

Bundan armatura kesimining talab etilgan minimal maydoni $A'_s = (KN_n - R_{bn} A_b) / \sigma_u = (2 \cdot 1500 \cdot 10^3 - 14,5 \cdot 10^6 \cdot 0,16) / (295 \cdot 10^6) \text{ m}^2 = 23,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 23,1 \text{ sm}^2$.

$4 \varnothing 28A - II \text{ s } A'_s = 3,14 \times 2,8^2 \text{ sm}^2 = 24,6 \text{ sm}^2 > 23,1 \text{ sm}^2$ deb qabul qilamiz.

Shunday qilib, sindiruvchi kuchlar bo'yicha hisoblash beton va po'latning plastik xossalarini hisobga oladi va bu bilan temirbetonning yuk ostida ishlashini to'g'riroq aks ettiradi. Bu holda, haqiqatdan ham, beton va armaturadagi foydalanish yukidan paydo bo'ladigan kuchlanishlar noma'lum bo'lib qoladi. Biroq amaldagi berilgan kesimning mustahkamlik zaxira koefitsiyenti ma'lum bo'lib, yassi kesimlar farazi (gipotezasi) hamda elastiklik modullari Y_e/Y_e nisbatini me'yorlashtirishga

bo'lgan ehtiyoj yo'qoladi, bu esa nisbatan muhimroqdir. Armaturadan to'liqroq foydalanish evaziga ruxsat etilgan hisoblashga nisbatan ancha metall tejallishiga erishiladi. Ko'rib chiqilayotgan holda u nazariy jihatdan quyidagiga teng:

$$\Delta A_a = [(A_s - A's)/A_s] 100 = [(27,5 - 23,1)/27,5] 100\% = 16\%.$$

Sindiruvchi kuchlar bo'yicha hisoblash temirbeton nazariyasini takomillashtirish yuzasidan erishilgan jiddiy yutuq edi. U chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash uslubiyotini ishlab chiqishda yanada rivojlantirildi.

Ruxsat etilgan kuchlanishlar va sindiruvchi kuchlar bo'yicha hisobning asosiy kamchiligi mustahkamlik zaxira koeffitsiyentining umumlashtirilgan ko'rinishga ega ekanligida. Bitta koeffitsiyent konstruktsiya yoki inshoot xavfsizligi bog'liq bo'lgan ko'pdan-ko'p shart-sharoitlarni haqqoniy ravishda aks ettira olmaydi. Qurilish konstruktsiyalarining batafsil tadqiqotlari shuni ko'rsatdiki, avariylar bir necha omillar: yukning salbiy tarafga o'zgarishi, material mexanik xossalari pasayishi, noxush foydalanish shart-sharoitlari, hisobiy sxema noaniqliklari kabilarning tasodifan mos tushishi (birga kelishi) oqibatida ro'y berar ekan. Konstruktsiyalar ishiga ta'sir ko'rsatadigan shart-sharoitlar o'zgaruvchanligining statistika hisobi N.S. Streletskiy (1885 - 1967) boshchiligida ishlab chiqilgan *chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash usulida* aks etdi. Bu usul mamlakatimizda loyihalashtirish bo'yicha asosiy yo'naltiruvchi hujjat — Qurilish me'yor va qoidalari (QMQ) tasdiqlanganidan so'ng, 1954 yildan qo'llana boshlandi. Bugungi kunda chegaraviy holatlar bo'yicha sanoat va fuqarolik binolari, ko'priklarning barcha konstruktsiyalari, shuningdek montaj moslamalari (mashinasozlik konstruktsiyalari sohasiga oid, hamon ruxsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha hisoblanadigan mexanik tugun va detallardan tashqari) hisoblanadi.

Chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash usuli — sinish bosqichiga ko'ra hisoblash usulining mantiqiy rivoji hisoblanadi. Konstruktsiyalarni ana shu usul bo'yicha hisoblash konstruktsiyalarning chegaraviy holatga o'tishi jarayonlarining tahliliga asoslanadi. XX asr boshlaridayoq olimlar konstruktsiyalar yuk

ko'tara olmay qolishi bir qator fizik mohiyati turlicha bo'lgan mustaqil omillar: yuklarning o'zgaruvchanligi; materiallar mexanik xossalarining o'zgaruvchanligi; tayyorlash, tashish va foydalanish shart-sharoitlarini hisobga olish bilan belgilanishini tushunib yetganlar. Agar yagona zaxira koeffitsiyentini, yuqorida sanab o'tilgan omillar ta'sirini alohida-alohida hisobga oladigan tarkibiy qismlarga ajratib tashlansa, hisoblash natijalarining katta ishonchliligiga erishish mumkin. Chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash usuli yordamida turli zaxira koeffitsiyentlarining ilmiy asoslangan qiymatlari belgilab olindi.

Chegaraviy holatlar usuli qurilish konstruksiyalarining ishonchliligini ta'minlashda subyektivizmni yengib o'tish yo'lida tashlangan ilk qadam bo'ldi. Ishonchlilikni ta'minlash zamonaviy texnikaning eng muhim muammolaridan biri hisoblanadi. Uning qurilishdagi dolzarbligi, birinchi navbatda, inshootlar konstruktiv shaklining jiddiy murakkablashuvi, ko'p sonli konstruktiv elementlar birgalikda ishlash ko'rinishining turli-tumanligi, atrof muhit bilan murakkab aloqadorligi bilan izohlanadi. Bu kabi sharoitlarda nisbatan kichik va mahalliy nuqsonlar obyekt ish faoliyati buzilishi, hattoki uning to'xtab qolishiga olib kelishi mumkin. Yana bir sabab shundaki, ko'plab qurilish obyektlari milliy darajadagi ahamiyatga, hatto jahon ahamiyatiga molik deb hisoblanadi. Misol tariqasida noyob inshootlar, eng yirik issiqlik va gidroenergetika stansiyalari, domna pechlari, raketa-kosmik majmualar, mudofaa inshootlari kabilarni keltirish mumkin. Ana shunday obyektlar faoliyatining ishdan chiqishi o'ta yirik miqdordagi moddiy, ma'naviy va ijtimoiy zararlarni keltirib chiqarishi mumkin.

Ishonchlilik nazariyasining asosiy tushunchalaridan biri — ishdan chiqishga konstruksiyalar va inshootlar nazariyasida konstruksiyaning chegaraviy holati tushunchasi muvofiq keladi. Ishonchlilik nazariyasining xususiyatlaridan biri shuki, odatiy, determinatsiyalangan parametrlar bilan birga u tasodifiy qiymatlar bilan ham ish ko'raveradi. Qurilish konstruksiyalari ishonchlilik nazariyasining o'ziga xos jihati — tizimlarga tushadigan tasodifiy yuk va ta'sirlar qiymatlari bilan birga tasodifiy mustahkamlik ko'rsatkichlarini ham hisobga olish zaruratidadir. Shunday qilib,

ishonchlilik obyekt ish qobiliyatini tavsiflaydigan tasodifiy kattaliklar mohiyati bilan bog'liq bo'lib, miqdor jihatidan ehtimollar nazariyasi apparati yordamida aniqlanadi.

Nazariy nuqtai nazardan mutlaq ishonchlilikning o'zi yo'q, doim konstruksiya foydalanish imkoniyatini yo'qotishining, kichik bo'lsa ham, ehtimoli mavjud bo'ladi. Shamol yukini qabul qiladigan inshootlar bunga yaqqol misol bo'la oladi. Ular uchun statistika ko'rinishiga ega bo'lgan obyektiv tabiiy-iqlimiy qonuniyatlar tufayli mutlaq ishonchlilikka erishishning iloji yo'q. Bu hollarda konstruksiyaning kichikroq ishdan chiqish xatari (riski) mavjudligiga ko'nikishga to'g'ri keladi.

Chegaraviy holatlar usuli zamonaviy ko'rinishining o'ziga xos jihati shundan iboratki, tabiatiga ko'ra tasodifiy bo'lgan barcha dastlabki qiymatlar me'yorlarda determinatsiyalangan, me'yoriy qiymatlari bilan berilib, ular o'zgaruvchanligining konstruksiyalar ishonchliligiga ta'siri esa tegishli koeffitsiyentlar yordamida hisobga olinadi. Ishonchlilik koeffitsiyentlaridan har biri faqat bitta dastlabki qiymatning o'zgaruvchanligini hisobga oladi, ya'ni u xususiy ko'rinishga ega. Shu sababli chegaraviy holatlar usulini ba'zan *xususiy koeffitsiyentlar usuli* deb ham ataydilar. Xorijda ana shunday nom qo'llash odat bo'lib, bu yerda, yuqorida aytilgani kabi, ushbu usul MDH davlatlariga nisbatan kechroq qo'llanila boshlandi.

2.2. Ruxsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha hisoblashdan chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblashga o'tish

Ruxsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha hisoblash usulida quyidagi tengsizlikka rioya qilinishi lozim:

$$\sum S_i \leq A[\sigma], \quad (2.11)$$

bu yerda S_i — hisoblanayotgan elementga i -me'yoriy (doimiy yoki muvaqqat) yuk ta'siri; A — kesimning geometrik kesimi; $[\sigma]$ — elementdagi ruxsat etilgan kuchlanish.

Doimiy yuklarning me'yoriy kattaliklari sifatida, odatda, ularning konstruktiv elementlarining loyiha o'lchamlariga hamda

hajmiy og'irliklarining o'rtacha (ma'lumot bo'yicha) qiymatlariga muvofiq nominal qiymatlari qabul qilinadi.

Tabiiy omillar vaqtinchalik ta'sirining me'yoriy qiymatlari statistik ma'lumotlar bo'yicha (masalan, sellarning 100 yilda bir marta qaytarilishi bilan, yil davomida eng sovuq besh kunning o'rtacha harorati va sh.o'.) ularning takrorlanish shartlaridan qabul qilinadi.

Me'yoriy (normativ) **foydali (foydalanish) yuklar** ruxsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha hisoblashda me'yorlar yaratilgan vaqtda avtotransport vositalaridan tushadigan eng og'ir yuklar sifatida qabul qilingan edi.

Konstruksiyaning mustahkamlik zaxirasini bu holda quyidagi formula yordamida ifodalash mumkin:

$$K = \frac{\sigma_{cheg}}{\sigma}, \quad (2.12)$$

bu yerda σ_{cheg} — oquvchanlik chegarasi yoki mustahkamlik chegarasi (vaqtinchalik qarshilik), unga erishganda hisobiy sxemaning o'zgarishi yoki sinishiga olib kelishi mumkin.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, mustahkamlik zaxirasi ehtimol tutilgan ortiqcha yuk tushishlari va foydalanish yuklarining keyingi o'sishi, barcha boshqa yuklardan tushadigan ortiqcha yuk tushishlari, konstruksion materiallarning yetarli bo'lmagan mustahkamligi, konstruksiyalar ishi hisobiy sxemasi hamda amaldagi xarakteri nomuvofiqligining o'rnini to'ldirish (kompensatsiyalash) uchun qo'llanadi («bilmaslik koeffitsiyenti» deb nom olgan).

Yuqorida aytilgani kabi, chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash g'oyasi o'zgaruvchan omillarni alohida-alohida tahlil qilish va me'yorlashtirishdan iborat bo'lib, bu «bilmaslik koeffitsiyenti» chegaralarini qisqartirish imkonini beradi.

Bundan tashqari, foydalanish so'zsiz to'xtatilishi zarur, hamda u muayyan cheklashlar bilan davom ettirilishi mumkin bo'lgan holatlarni ko'rib chiqish va me'yorlashtirish imkoniyati paydo bo'ladi.

Shunday qilib, chegaraviy holatlar usulida yuqorida keltirilgan tengsizlik (2.13) quyidagi ko'rinish oladi:

$$\sum \gamma_i S_i \leq A \cdot R = A \cdot \frac{\sigma_{cheg}}{\gamma_R}, \quad (2.13)$$

bu yerda γ_i — yuk bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti; R — materiallarning hisobiy qarshiliklari; γ_R — materiallar bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyentlari.

Aytish lozimki, 1962 yili QM-200-62 ning texnik shartlarida amalga oshirilgan ko'prik qurilmalarini chegaraviy holatlar usuli bo'yicha hisoblashga o'tishda mustahkamlik zaxiralari ruxsat etilgan kuchlanishlar usuli bo'yicha aniqlanganiga nisbatan kamaytirildi. Buni har ikkala usul bo'yicha aniqlangan po'lat oraliq qurilmasining ko'taruvchanlik xususiyatini taqqoslash misolida namoyish etamiz. Yuk ko'tara olish deganda konstruksiya vaqtinchalik yukdan tushadigan ta'sirga chidash bera oladigan chegaraviy kuch tushunilishini eslatib o'tamiz:

$$S_{yuk} = S_{kx} - S_{o'v} - S_{kp}, \quad (2.14)$$

bu yerda S_{yuk} — yuk ko'taruvchanlik; S_{kx} — ko'taruvchanlik xususiyati; $S_{o'v}$ — konstruksiyalarning o'z vaznidan tushadigan kuch; S_{kp} — ko'prik polotnosi og'irligidan tushadigan kuch.

TSH QM 200-62 da St3 po'latining hisobiy qarshiligi ruxsat etilgan kuchlanishlardagi 1400 kgs/sm² o'rniga 2000 kgs/sm² deb qabul qilingan, ya'ni u taxminan 1,4 barobar yuqori. Ishonchlilik (ortiqcha yuk tushish) koeffitsiyentlari quyidagiga teng deb olingan: vaqtinchalik yuk uchun — 1,4; konstruksiyalarning o'z og'irligi uchun — 1,1; ko'prik polotnosi og'irligi uchun — 1,5.

Misol tariqasida uzunligi 42 m bo'lgan oraliq qurilmasini ko'rib chiqib, unda me'yoriy ta'sirlar orasidagi nisbatni shartli ravishda quyidagicha qabul qilish mumkin: $S_{yuk} : S_{o'v} : S_{kp} = 0,4 : 0,4 : 0,2$. Ushbu nisbatdan ruxsat etilgan kuchlanishlar usuli bo'yicha aniqlangan ko'taruvchanlik xususiyati $S_{yuk} = 0,4 S_{kx}$ ni tashkil etishi kelib chiqadi. Chegaraviy holatlar usuli bo'yicha hisoblaganda, ko'taruvchanlik xususiyati ruxsat etilgan kuchlanishlar usuliga nisbatan 1,4 barobar kattaroq bo'lib chiqadi. Ishonchlilik koeffitsiyentlarini hisobga olganda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$S_{kx, cheg} = 1,4 S_{kx} = 1,4 S_{yuk, cheg} + 1,1 S_{o'v} + 1,5 S_{kp}, \quad (2.15)$$

bu yerda $S_{kx, cheg}$ va $S_{yuk, cheg}$ — mos ravishda chegaraviy holatlar usuli bo'yicha aniqlangan ko'taruvchanlik xususiyati va yuk ko'taruvchanligi.

Ifodadan (2.15) $S_{yuk, cheg}$ qiymatini osonlik bilan hisoblab topish mumkin. Bizning misolimizda $S_{yuk, cheg} = 0,47 S_{kx}$. Bu mazkur misol doirasida chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblashda yuk ko'taruvchanlik ruxsat etilgan kuchlanishlardagiga nisbatan deyarli 20% ga yuqoriroq ekanligini anglatadi.

2.3. Chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash usulining mohiyati

Chegaraviy holatlar usuli turli maqsadlar uchun mo'ljallangan va turli ahamiyatga ega bo'lgan qurilish konstruksiyalarining haqiqiy ko'taruvchanlik xususiyatini chuqur tajriba-nazariy tadqiq etishga asoslangan. U ruxsat etilgan kuchlanishlar yoki sindiruvchi kuchlar usullariga nisbatan ko'taruvchanlik xususiyati qiymati va konstruksiyalar ishonchlilik darajasini ancha aniq hisobga oladi. Nisbatan ilg'or tajribalar orqali va nazariy jihatdan asoslangan bo'lib, chegaraviy holatlar usuli konstruksiyalarning material sarfini kamaytirish uchun muayyan istiqbollar yaratib berdi. Bundan tashqari, u qurilish materiallarining mustahkamlik xossalari hamda yuklar o'zgaruvchanligini statistika nuqtai nazaridan o'rganish muammolarini ilgari surib, uning ulkan amaliy ahamiyati ana shundan iborat. Qat'iy qilib aytganda, har qanday hisoblash usuli u yoki bu chegaraviy holat bilan ish ko'radi. Biroq, agar sindiruvchi kuchlar hamda ruxsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha hisoblashda chegaraviy holat mezon — sinish yoki ko'taruvchanlik xususiyatining yo'qotilishi bo'lsa, ko'rib chiqilayotgan usulda mezon butunlay o'zgacha — inshootdan foydalanish to'xtaydi. Bunday mezon nisbatan kengroq, chunki foydalanishni to'xtatish turli sharoitlar, shu jumladan ko'taruvchanlik xususiyatini yo'qotish tufayli ham kelib chiqqan bo'lishi mumkin.

Ko'taruvchanlik xususiyatini yo'qotish shart-sharoitlarida hisobga olinadigan mustahkamlik tavsiflari hamda inshootning konstruktiv shakllaridan tashqari foydalanish mezonini inshootning nima uchun mo'ljallanganligi va mas'uliyati, undan foydalanish shart-sharoitlari va davomiyligi, iqtisodiy masalalar kabi tavsiflarni ham o'z ichiga oladi. Demak, bunday mezonning nisbatan moslashuvchan (gibkiy) va har tomonlama bo'lib ko'rinishi tabiiy. Ta'mirlash yoki konstruksiya bir qismining almashtirilishi zarurati bilan bog'liq foydalanishni to'xtatish konstruksiyani butkul buzilishini anglatmaydi, balki inshoot ishini yoki korxona faoliyatiga putur yetkazadi, xolos. Foydalanishni to'xtatish sabablari turli-tuman bo'lganligi tufayli inshoot ham bir necha chegaraviy holatga ega bo'lishi mumkin. Har qanday konstruksiyani hisoblashdan maqsad — yuklarning eng nomaqbul uyg'unligi hamda materiallar mustahkamli tavsifining eng kichik qiymatida foydalanishdagi konstruksiyani u yoki bu chegaraviy holati kelib chiqishining oldini olishdan iborat. *Chegaraviy holat deb, konstruksiya berilgan foydalanish talablariga javob bera olmay qoladigan holatga aytiladi.* Chegaraviy holatga o'pirilish, ag'darilish, muvozanatni yo'qotish, mo'rt sinish, katta qoldiq deformatsiyalarning yuzaga kelishi, mexanik va chirishdan sodir bo'lgan yedirilish misol bo'la oladi. Chegaraviy holatlarga, shuningdek normal foydalanishga xalal beradigan ba'zi ortga qaytarish mumkin bo'lgan hodisalar (masalan, katta elastik deformatsiyalarning yuzaga kelishi, yuqori darajadagi vibratsiya, tebranishlar yoki shovqin) ham misol bo'la oladi. Me'yoriy hujjatlarda chegaraviy holatlar odatda xavflilik darajasiga qarab tasniflanadi: foydalanish to'xtatilishi, katta moddiy yo'qotishlar, insonlar hayoti uchun xavfga olib keladigan ko'taruvchanlik xususiyatining yo'qotilishi kabi chegaraviy holatlar hamda normal foydalanishning butunlay to'xtatilishi yoki foydalanish sharoitlarining qisman buzilishiga olib keladigan chegaraviy holatlar. Shunga ko'ra amaldagi me'yorlarga muvofiq inshoot konstruksiyalari chegaraviy holatlarning ikki guruhi bo'yicha hisoblanadi:

birinchi guruh o'z ichiga konstruksiyalar, asoslar (bino yoki butunicha inshootlar)ning foydalanish uchun butkul yaroqsizligiga yoki transport inshootlari ko'taruvchanlik xususiyatining to'liq (qisman) yo'qotilishiga olib keladigan chegaraviy holatlarni olsa;

ikkinchi guruh konstruksiya (asos)lardan normal foydalanishni murakkablashtiradigan yoki bino (inshoot)lar xizmat qilish muddatini ko'zda tutilganiga nisbatan kamaytiradigan ***chegaraviy holatlarni*** oladi.

Birinchi guruhga oid chegaraviy holatlar quyidagilar bilan tavsiflanadi:

— ***har qanday xarakterli sinishlar*** (masalan, plastik, mo'rt, horg'inlik sinishi). Misol sifatida Velikiy Ustyug shahridagi Suxona daryosi ustidan o'tgan ko'priklarning ko'ndalang chokli oraliq qurilmasining tushib ketganligini, Seuldagi ko'priklarning metall oraliq qurilmasini, Volga daryosidagi ko'priklarning (Tver sh. yaqinida) qatnov qismidagi plitalar tushib ketganini, Yugansk Obini (Nefte-yugansk) keltirish mumkin;

— ***shakl turg'unligini yo'qotishi***, yuk ko'taruvchilik imkoniyatini yo'qotish va foydalanishga to'liq yaroqsizlikka olib keladi (bir qancha po'lat-temirbeton ko'priklarning ag'darilishi va h.k.);

— ***holat turg'unligini yo'qotishi***, masalan, Smolensk yaqinida va Yekaterinburgdagi ko'priklarni kengaytirish ishlarini amalga oshirish paytida qurilish bosqichida konstruksiyalar turg'unligini tekshirishdagi kamchiliklar oqibatida qulab tushishi;

— ***o'zgaruvchan tizimga o'tish***, masalan, Tver shahrini aylanib o'tish joyidagi Volga daryosi ustidagi po'lat ko'priklarni ta'mirlash reglamentining buzilishi ferma qiya tirgovuchi (raskos) ishdan chiqib, oraliq qurilmasi tushib ketishiga olib keldi;

— ***konfiguratsiyaning sifat jihatidan o'zgarishi***, masalan, Moskvadagi Moskva daryosi ustidagi rama-konsolli Avtozavodskoy ko'prigida markaziy sharnir osilishi 0,9 m ga yetgan edi;

— ***foydalanishni to'xtatish zaruratini keltirib chiqaradigan boshqa hodisalar***, masalan, ko'chuvchanlik, plastiklik, ulanmalardagi siljishlar, yoriqlar ochilishi, shuningdek betonda yoriqlar hosil bo'lishi (ko'ndalang chokli ko'priklar, po'lattemirbeton ko'priklar).

Ikkinchi guruh chegaraviy holatlari quyidagilar bilan tavsiflanadi:

— **konstruksiya chegaraviy deformatsiyalariga** erishish (chegaraviy egilishlar, burilishlar, masalan, Moloma daryosi ustidan ko'prik temirbeton oraliq qurilmalarining osilmalari) yoki **asos chegaraviy deformatsiyalari**;

— **konstruksiyalar tebranishlarining chegaraviy darajasiga yetishi** (Ostonadagi Irtish daryosi ustidan yotqizilgan ko'prik tebranishlari me'yorlarda taqiqlangan diapazonda bo'lib, bu ko'prik ustida ommaviy yurishlar o'tkazilishini cheklab qo'yish shartini keltirib chiqardi);

— **betonda 0,3 mm dan kattaroq ochilgan yoriqlar hosil bo'lishi**, ular ko'prikning xizmat muddati qisqarishiga olib keladi (Sankt-Peterburgdagi Neva daryosi ustidagi Aleksandr Nevskiy nomidagi ko'prik, Qozondagi Kazanka daryosi ustidagi ko'prik va h.k.);

— **shakl turg'unligini yo'qotish**, u normal foydalanish murakkablashuviga olib keladi (Sochi shahri atrofidagi ko'prik bosh to'sinlari turg'unligini yo'qotgani, Kiyev shahridagi Dnepr daryosi ustidan o'tgan Moskva ko'prigining bog'lovchi tirgaklari turg'unligini yo'qotishi va h.k.);

— **inshoot xizmat qilish muddatining qabul qilib bo'lmaydigan darajada kamayishi** (masalan, suv qochirgichlari yaxshi bo'lmagan ko'priklardagi chirishdan sodir bo'lgan shikastlanishlar) tufayli undan foydalanishni vaqtinchalik cheklash zarurati sodir bo'ladigan **boshqa hodisalar**.

Hisoblash bajarilishi talab etiladigan chegaraviy holatlar loyihalashdagi standartlar bilan aniqlanadi. Chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash uslubiyotining asosiy qoidalarini O'zDSt 27751-98 «Qurilish konstruksiyalari ishonchliligi. Hisoblash bo'yicha asosiy qoidalar» da keltirilgan. Ushbu hujjatda qurilish konstruksiyalari ishonchliligi ta'rif berilib, u avvalroq keltirilgan ta'rifga muvofiq keladi. Unda quyidagi talablar bayon etiladi.

Qurilish konstruksiyalari chegaraviy holatlar usuli bilan hisoblanadi, uning asosiy qoidalarini materiallar xossalari, yuk va ta'sirlar, konstruksiyalarning geometrik tavsiflari, ular ish sharoit-

larining o'zgaruvchanligini, hamda loyihalananadigan obyektlarning ishlash qobiliyati buzilganda material va ijtimoiy talofat bilan aniqlanadigan mas'uliyatlik darajasi va halq xo'jaligidagi ahamiyatini hisobga olib ishdan chiqmay ishlashini ta'minlashga yo'naltirilgan.

Konstruktusiya yoki inshootning loyihalash bo'yicha me'yor va topshiriqlarda ko'zda tutilgan funksional (texnologik yoki maishiy) shartlarga muvofiq cheklovsiz amalga oshiriladigan betuxtov ishlash jarayoni normal foydalanish hisoblanadi. Chegaraviy holatning birinchi guruhiga to'laroq to'htaymiz, u o'z ichiga sinish holatini oladi va shuning uchun mustahkamlik masalasi bilan bog'liq. Bu guruh o'z ichiga quyidagilarni oladi:

- inshootning ko'taruvchanlik xususiyati, umumiy turg'unligining yo'qolishiga, tez sodir bo'ladigan va qiyin to'xtaydigan har qanday ko'rinishdagi sinishga, konstruksiyaning geometrik o'zgaradigan tizimga o'tishiga olib keladigan holatlar;

- bu shunday holatki, unda konstruksiya hali sinmagan, ammo undan foydalanish amalda mumkin emas yoki materialning ruhsat etilgan ortiq degradatsiyasi, ancha katta salqiligi, muhitning noqulay ta'siri oqibatida betondagi destruktiv jarayonlar, horg'inlik sinishlari, betondagi mikro va makroyoriqlar sodir bo'lishi natijasida qiyinlashadi.

Bu yerda foydalanishni to'xtatishning ikki belgisi mavjud. Birinchisi katta bikrlikka ega, ular uchun qoldiq deformatsiyalar qiymati sezilarli bo'lmay, ish sharoitlariga ko'ra ular ehtimoli juda oz. Yuqori sifatli qilib tayyorlangan konstruksiyalardan ularning yuk ko'taruvchilik xususiyati tugaguniga qadar foydalanish mumkin. Deformatsiyalanadigan konstruksiyalarda ikkinchi belgi hal qiluvchi hisoblanadi, unda o'ta kuchli qoldiq deformatsiyalar (material oquvchanligi, salqiligi, birikmalarning yumshoqligi yoki yoriqlarning sodir bo'lishi) oqibatida undan keyinchalik foydalanish imkonini bermaydi, o'zining yuk ko'taruvchilik xususiyati butkul tugamaganiga qaramay, inshoot yaroqsiz bo'lib qoladi. Har ikki belgini taqqoslash orqali *konstruksiya yuk ko'taruvchilik xususiyati chegarasi — undan foydalanish imkoniyatining eng so'nggi chegarasidir*, ya'ni foyda-

lanishning to'xtatilishi falokat emas, balki avariyaning oldini olish yo'lidagi bir qadam xolos, degan xulosa kelib chiqadi. Shu sababli foydalanishni ta'minlash maqsadida, ruhiy jihatdan yemirilmaslikni ta'minlash uchun zarur bo'lgan, har xil ko'zda tutilmagan holat uchun umumiy zaxira koeffitsiyenti ko'rinishidagi favqulodda choralar talab etilmaydi.

Chegaraviy holatlarning birinchi guruhi bo'yicha hisoblashning fizik mohiyati shundaki, elementning ko'taruvchanlik xususiyati unga ta'sir qilayotgan ehtimoliy maksimal kuchdan kam bo'lmashligi lozim. Xususiy ishonchlilik koeffitsiyentlarining to'liq tizimini qo'llagan holda loyihalash, qurilish va foydalanish tajribasi natijalariga ko'ra biron-bir omilni boshqalariga bog'liq bo'lmagan holda o'rganish, ehtimollik asosidagi hisoblashlar uslubiyotini takomillashtirish, inshootlarning muhandislik hisoblarini esa determinatsiyalangan shaklda bajarish imkonini beradi. Xususan, determinatsiyalangan ishonchlilik koeffitsiyentlari bo'lgan (2.6) shart umumiy ko'rinishda quyidagicha qayd etilishi mumkin:

$$\sum \gamma_{f_{gi}} S_{gi} + \sum \gamma_{f_{vi}} S_{vi} (1 + \mu) \eta \leq \frac{R_n m_1}{\gamma_M} \frac{m_2}{\lambda_n} A, \quad (2.16)$$

bu yerda γ_{fg} , γ_{fv} — mos ravishda doimiy va vaqtinchalik yuklar bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti; S_{gi} , S_{vi} — doimiy va vaqtinchalik yuklardan tushadigan kuchlar; $1 + \mu$ — dinamik koeffitsiyent; η — yuklarning uyg'unlik koeffitsiyenti; R_n — materialning me'yoriy (tavsifiy) qarshiligi; m_1 — ish sharoitining umumiy koeffitsiyenti; γ_m — beton va armatura bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyentlari; m^2 — konstruktiv elementning inshoot tarkibida haqiqiy ishining o'ziga xos xususiyatlarini aks ettiradigan ish shart-sharoitlari koeffitsiyenti (bo'ylama egilish, chidamlilik va h.k.); γ_n — vazifasi bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti, inshootning mas'uliyat darajasini va chegaraviy holat yuzaga kelganida oqibatlarini hisobga oladi; A — kesimning geometrik tavsifi (yuza, qarshilik momenti). (2.16) shartda tayinlangan ishonchlilik koeffitsiyentlari statistika ma'lumotlari, analitik tadqiqotlar va ishonchlilikning me'yoriy darajasi asosida muayyan chegaraviy holatga yetishiga qarshi hisoblab aniqlanadi.

Hisobiy kuchlar S elastik tizimlar qurilish mexanikasi qoidalariga binoan hisoblab topiladi. Temirbeton konstruksiya hisobiy kesimining ko'taruvchanlik xususiyatini chegaraviy muvozanat shartidan kelib chiqib aniqlanadi, ya'ni sinish oldidan beton va armaturada kuchlanish chegaraviy hisobiy qiymatlarga (R_b , R_s va R_{sc}) yetadi deb hisoblanadi; egiladigan to'sin betonidagi kuchlanishlar betonning shartli siqilgan zonasida bir tekis taqsimlangan, cho'zilgan zonasida esa betonning ishi hisobga olinmaydi. Yuklarning bu sathida yoriqlarning ochilish enini hisoblash yordamida nazorat qilib bo'lmaydi.

Chegaraviy holatlarning ikkinchi guruhi yoki normal foydalanishga yaroqlilik bo'yicha hisoblash konstruksiyani katta deformatsiyalar ta'siri va hosil bo'lishidan, agar foydalanish shartlari bo'yicha yoriqlar ochilishiga yo'l qo'yilmasa, ulardan normal foydalanishni qiyinlashtiradigan va konstruksiya xizmat muddatini qisqartiradigan yoriqlarning o'ta katta yoki uzoq vaqt davomida ochilib turishidan saqlash (uning ko'taruvchanlik xususiyatini saqlab qolgan holda). Masalan, *yoriqlar sodir bo'lishi bo'yicha hisoblash oldindan* zo'riqtirilgan temirbeton konstruksiyalar uchun, yoriqlar paydo bo'lishi inshootning bundan keyingi ishlatilishi imkonini istisno etgan yoki foydalanish jihatlarini keskin yomonlashtirgan hollarda talab etiladi (misol uchun, rezervuarining oldindan zo'riqtirilgan devorchasida yoriqlar hosil bo'lishi).

Deformatsiyalar bo'yicha hisoblash konstruksiyada undan normal foydalanishga xalal beradigan jiddiy egilishlar, burilish (ko'chish) burchaklari yoki tebranish amplitudalari yuzaga kelganida amalga oshiriladi. Masalan, yetarlicha mustahkam bo'lgan orayopma to'sinlari jiddiy egilishlarga ega bo'lib qolib, foydalanish uchun yaroqsiz holga kelishi mumkin. Bunda ba'zi konstruksiyalarda bukilishlar yoriqlarni hisobga olgan holda aniqlansa, boshqalarida yoriqlar ochilishiga yo'l qo'yilishi mumkin emas.

Yoriqlar ochilishiga hisoblash tajovuzkor muhit sharoitida joylashgan, shuningdek suyuqlik, gazlar yoki to'kma jismlar bosimi ostida ishlaydigan inshootlar uchun amalga oshiriladi (tutun

mo'rilari devorlari, silos devorlari, suv ko'tarish minoralari rezevuarlari va h.k.). Bunday inshootlarda yoriqlarning o'ta katta (yoki davomli) ochilishi armaturaning zanglashiga, hamda konstruksiya xizmat muddatining qisqarishiga olib keladi.

Chegaraviy holatlarning 2-guruhi bo'yicha (foydalanishga yaroqlilik yuzasidan) hisoblashlar muayyan aniqlik bilan konstruksiyani iqtisodiy mas'uliyatli ishdan chiqishlardan (yoriq hosil bo'lishi, armatura chirishi, bukilishlar, tebranishlar va h.k.) kafolatlaydi. Ushbu hisoblashlarni muhitning (shamol, havo harorati va namligining ko'tarilib-tushishlari) tez-tez ko'rsatadigan ta'sirlari bilan bir kombinatsiyada muntazam yuklar sathida bajarish lozim. Jahon amaliyoti ko'rsatishicha, bunday yuk va ta'sirlar sathi buyruq berish orqali, oqilona idrok va loyihalash tajribasiga tayanib o'rnatiladi. Jahon me'yorlashtirish va loyihalashtirish amaliyotida u yuklar, ta'sirlar va materiallar mustahkamligining «tavsifiy qiymatlari» nomini olgan. Ushbu sath ko'prikinshooti bo'yicha harakatlanayotgan yuklar statistika jamlamasining 95% ini qamrab oladi va yuqoridan turib unga baho beradi. Xuddi shu qarashlardan kelib chiqib, materiallar mustahkamligining me'yoriy sathi ham statistika jamlamasining 95% ini olib, biroq u pastdan turib baholanadi.

Me'yorlar tomonidan konstruksiyaning yuklar ostida hisobiy xizmat muddati davomida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan turli-tuman xavflardan himoya sathi belgilanadi. Ushbu ishonchlilik sathi tegishli me'yoriy yuklar, yuk va materiallarga ishonchlilik koeffitsiyentlari tizimini tayinlash, hamda kesimlarda chegaraviy holatda kuchlarning ehtimoliy taqsimlanishini yaqin (zaxirasi bilan) aks ettiradigan ichki kuchlarning taqsimlanish modelini to'g'ri tanlash orqali ta'minlanadi. Agar xavf sathi katta bo'lib, oqibatlar konstruksiya ish qobiliyatining tiklanish imkoniyatini istisno etsa, himoya (mustahkamlik mas'uliyati) darajasi ham yuqori bo'lishi lozim. Agar xavf o'zicha avariya vaziyatlarini keltirib chiqaradigan va foydalanish jarayonida bartaraf etilishi mumkin bo'lgan shikastlanish va xalaqit qilishlarga olib kelmasa, ana shunday chegaraviy holat yuz berishidan pastroq darajadagi himoya o'rnatiladi (iqtisodiy mas'uliyatni himoya qilish sathi).

Chegaraviy holatlarning ikkinchi guruhi bo'yicha hisoblash uch shart bo'yicha amalga oshiriladi:

a) deformatsiyalar va siljishlarning hisobiy qiymatlari, f (ba'zi holatlarda materiallar plastik xossalarini va yuk ta'sirining davomiyligini hisobga olgan holda) ularning me'yorlarda belgilangan va normal foydalanishni kafolatlaydigan chegaraviy qiymati $[f]$ dan ortmasligi kerak, ya'ni:

$$f \leq [f]; \quad (2.17)$$

b) yoriqlar kesimda amal qilayotgan maksimal N kuch yoriq hosil qiladigan N_{crc} kuchdan kichik yoki unga teng bo'lsa, yoriqlar paydo bo'lmasligi kerak, ya'ni:

$$N \leq N_{crc}; \quad (2.18)$$

v) elementda yoriqlarning ochilish eni asrs uning ruxsat etilgan chegaraviy $[a_{crc}]$ qiymatidan oshmasligi kerak, ya'ni:

$$a_{crc} < [a_{crc}]. \quad (2.19)$$

Temirbeton konstruksiyalarning chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash tayyorlash, montaj va foydalanishning barcha bosqichlari uchun amalga oshirilishi lozim, unda konstruksiyada chegaraviy holatlardan biri kelib chiqish holati yuzaga kelish xavfi bo'ladi. Konstruksiyalar ishonchliligi va ularda u yoki bu chegaraviy holatning kelib chiqishi ko'plab omillarga bog'liq bo'lib, ulardan asosiylari — tashqi yuk va ta'sirlarning kattaligi, konstruksiyalar tayyorlangan materiallarining sifati va xossalari, hamda materiallar va konstruksiyalarning ishlash xususiyatlari va sharoitlari hisoblanadi. Tayinlanish va yuk bo'yicha hisobiy koeffitsiyentlar, material mustahkamligining variatsiya (o'zgaruvchanlik) va ish sharoitlari koeffitsiyentlari ushbu omillarning o'zgaruvchanligini hisobga oladi. Mustahkamlik tavsiflari va yuklarning barcha koeffitsiyentlari qiymatlari loyihalash me'yorlari (QMQ) bilan belgilanib, loyihachilar uchun majburiy hisoblanadi. Chegaraviy holatlar usuli shakliga ko'ra determinatsiyalangan bo'lishiga qaramay, agar unda xususiy ishonchlilik koeffitsiyentlari tizimi statistika jihatidan asosli ravishda qo'llanayotgan bo'lsa, yetarlicha ishonarli bo'lishi va qurilish konstruksiyalari ishonchlilik nazariyasiga muvofiq kelishi mumkin.

VAQTINCHALIK YUKLARNING EHTIMOLIY TAVSIFLARI VA ULARNING UYG'UNLASHUVI. ISHONCHLILIK KOEFFITSIYENTLARI

Barcha ta'sirlar *me'yoriy* va *hisobiy* turlarga ajratiladi. Yuklar ta'sirning alohida bir turi hisoblanadi. Yuklarning asosiy tavsiflari - ularning *me'yoriy* tavsiflaridir. Transport inshootlaridan normal foydalanganda, qiymatiga ko'ra eng katta ehtimoliy yukga yaqin bo'lgan yuklarga *me'yoriy* yuklar deyiladi. Ular eng ko'p takrorlanadigan yuk hisoblanadi. *Me'yoriy* yuk qiymatlari loyihalash *me'yorlari* tomonidan, avvaldan berilgan o'rtacha yuklar qiymatining ortishi asosida belgilanadi va nominal, yo haqiqiy qiymatlarga teng deb olinadi. Yuklarning *me'yoriy* qiymatdan o'zgaruvchanlik yoki normal foydalanish shartlaridan noxush (katta yo kichik) tarafga chetlashishi tufayli ehtimol tutilgan og'ishi xuddi ana shu *me'yoriy* hujjatlar bo'yicha yuk turiga bog'liq ravishda qabul qilinadigan *yuk bo'yicha ishonchlilik f koefitsiyenti* bilan hisobga olinadi.

Ularning *me'yoriy* qiymatlarini tegishli ishonchlilik koefitsiyentlariga ko'paytirish yo'li bilan olinadigan yuk va ta'sirlar *hisobiy* deb hisoblanadi:

$$F = F_n \gamma_f ; q = q_n \gamma_f . \quad (3.1)$$

Chegaraviy holatlarning birinchi guruhi bo'yicha hisoblashda, odatda, $\gamma_f > 1$. Bu holda hisobiy yuklar inshootdan foydalanish vaqtidagi eng katta ehtimoliy yuklardan iborat bo'lib, ularni chegaraviy yoki o'ta katta (so'nggi) yuklar deb atash mumkin. Shunday qilib, yuk bo'yicha ishonchlilik koefitsiyenti noto'g'ri belgilangan *me'yoriy* yukka foydalanish tajribasidan olingan chegaraviy yuk asosida o'zgartirishlar kiritadi. Har bir yuk o'z ortiqcha yuklanish koefitsiyentiga ega ekanligi, hamma yuklar uchun bir xil zaxira koefitsiyenti yoki ruxsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha hisoblashga nisbatan tejamliroq konstruksiyalar

loyihalash imkonini beradi. Masalan, temirbeton konstruksiyalarni sindiruvchi kuchlar bo'yicha bir xil zaxira $K = 2$ koeffitsiyenti bo'yicha hisoblashda, doimiy yukning foydalanish jarayonida ikki barobar ortib ketishini iloji yo'qligiga qaramay, ham doimiy, ham vaqtinchalik yuk ko'paytirilar edi. Bu kabi noaniqlik materialning ortiqcha sarflanishiga olib kelardi.

Konstruksiya mavjudligi paytida namoyon bo'lishi mumkin bo'lgan yuk hisobiy yuk deb nomlanadi. Konstruksiyalarni bevosita hisoblash uchun, yuklarning me'yoriy emas, balki hisobiy qiymatlari aniqlanib, ular me'yoriy yukni konstruksiyalarning vazifasi (γ_n) va yuk bo'yicha ishonchlilik (γ_p) koeffitsiyentlariga ko'paytirish orqali aniqlanadi. Vazifasi bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti $\gamma_n \leq 1$ transport inshootlari mas'uliyati va kapitalliligi (ular sinfi) hamda u yoki bu chegaraviy holatlar kelib chiqishining oqibatlari ahamiyatlarini hisobga oladi. Statistika ma'lumotlari mavjud bo'lganda, yuklarning hisobiy qiymatlarini bevosita ulardan ortishini berilgan ehtimolligi bo'yicha aniqlashga yo'l qo'yiladi.

1-sinf. Asoslangan holda o'ta muhim xalq xo'jaligi va (yoki) ijtimoiy ahamiyatga ega bo'lgan transport inshootlari (issiqlik va atom elektrostansiyalari, televizion minoralar, balandligi 200 m dan katta bo'lgan quvurlar, neft mahsulotlari uchun hajmi 10 ming m² dan katta bo'lgan rezervuarlar, usti yopiq sport va tomosha inshootlari, o'quv muassasalari, muzeylar, shifoxonalar va h.k.) uchun yuqori narh yoki ko'plab odamlar jamlanishi, yo bu jihatlarning har ikkisi xosdir. Shu sababli ular yuqori darajadagi ishonchlilikka ega bo'lishi talab etilib, ularning vazifasi bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti $\gamma_n = 1$ ga teng.

2-sinf. Bu sinfga 1 va 3-sinfga oid bo'lmagan sanoat va fuqarolik bino va inshootlari kiradi. Ular tarkibidan eng ommaviy ko'rinishdagi inshootlar joy olgan. Ular birinchi darajali o'rin tutmasa ham, biroq xalq xo'jaligi va (yoki) ijtimoiy nuqtai nazardan muhim ahamiyatga ega. Bu holda koeffitsiyent $\gamma_n = 0,95$ ga teng bo'ladi.

3-sinf. Cheklangan xalq xo'jalik va (yoki) ijtimoiy ahamiyatga ega bo'lgan, hamda katta moddiy qiymati yo'q va doimiy odamlar

bo'lib turmaydigan inshootlar (qadoqlash va navlarga ajratish ishlari bajarilmaydigan omborlar, bir qavatli uylar, muvaqqat binolar, aloqa va yoritish tayanchlari, to'siqlar) uchun ko'effitsiyent $\gamma_n = 0,9$ deb olinadi. Xizmat muddati 5 yilgacha bo'lgan muvaqqat transport inshootlari uchun $\gamma_n = 0,8$ deb qabul qilishga yo'l qo'yiladi.

γ_n ko'effitsiyentining qiymatlari hozircha o'ta ehtiyotkorlik bilan belgilangan bo'lib, qat'iy qilib aytganda, ishonchlilik ortishiga bog'liq ravishda oshib boradigan inshootni tiklash xarajatlarini, hamda ishonchlilik ortishi bilan xavfi kamayib boradigan ishdan chiqishlar oqibatlarini oqilona muvofiqlashtirish vazifasini hal etish maqsadidan kelib chiqish talab etiladi. Ushbu vazifa hatto sof iqtisodiy nuqtai nazardan ham ancha murakkab bo'lib, ishonchlilik sathi pasaygan sari odamlar hayoti uchun paydo bo'ladigan xavfni, tarixiy va badiiy qadriyatlarni saqlab qolish, iqtisodiy jihatdan baholab bo'lmaydigan boshqa omillarni ham hisobga olish kerak bo'ladi. Bu masala hamon hal qilinmagan bo'lishiga qaramay, uning qo'yilishi, asosiy tamoyillar shakllanganligi qurilish konstruksiyalari ishonchliligini ta'minlash qoidalarini tiklanayotgan obyekt maqsadi va mas'uliyat darajasiga bog'liq ravishda nisbatan asosli ravishda me'yorlashtirish imkonini berdi.

Yuk bo'yicha ishonchlilik γ_f ko'effitsiyentlari yuklarning ular me'yoriy qiymatlaridan noxush (katta yo kichik) tomonga o'zgarish ehtimolini hisobga oladi. Masalan, konstruksiya massasidan tushadigan me'yoriy yuklar uning hajmi va materialning o'rtacha zichligi bilan belgilanadi. Biroq, tayyorlash jarayonida konstruksiya o'lchamlari kattalashtirilishi yoki kichiklashtirilishi mumkin. Me'yorlarda o'z massasidan tushadigan yuk bo'yicha quyidagi ishonchlilik ko'effitsiyentlari qabul qilingan: metall konstruksiyalar uchun $\gamma_f = 1,05$; zichligi 1600 kg/m^3 dan katta bo'lgan tosh (g'isht), armatoshli, yog'och, temirbeton va beton konstruksiyalar uchun $\gamma_f = 1,1$; zichligi 1800 kg/m^3 dan kichik, zavod sharoitida yasaladigan beton konstruksiyalar uchun $\gamma_f = 1,2$; qurilish maydonida bajariladigan beton konstruksiyalar, shuningdek tekislash, izolatsiyalash va bezak qatlamlari uchun, $\gamma_f = 1,3$; qor yuki bo'yicha ishonchlilik ko'effitsiyentlari $\gamma_f = 1,4 \dots 1,6$. Qator hollarda,

agar bu konstruksiya ish sharoitlarini yomonlashtiradigan bo'lsa, ortiqcha yuk tushish ko'effitsiyenti 1 dan kam bo'lishi ham mumkin. Masalan, konstruksiyalarning o'z massasi turg'unlik, sirpanish, suzib chiqishga hisoblashda $\gamma_f = 0,9$ deb qabul qilinadi. Qisqa muddatli yuklar tiklash bosqichida $\gamma_f = 0,8$ dan boshlab olinadi.

Material zichligi ham o'zgarishi mumkin. Agar konstruksiya materialining haqiqiy zichligi loyiha bo'yicha zichligidan og'ishi 10% dan ortmasa, hisoblashga 1,1 ga teng bo'lgan yuk bo'yicha ishonchlilik ko'effitsiyenti kiritiladi. Massa konstruksiya ishiga ijobiy ta'sir ko'rsatganida γ_f ko'effitsiyenti 0,9 deb qabul qilinadi. Sovuq o'tkazmaydigan material zichligining o'rtacha qiymatdan og'ishi va uning namlanish imkoniyati γ_f ko'effitsiyenti 1,2 yoki 1,3 deb olinadi.

Qor va shamol me'yoriy yuklari uzoq muddatli meteorologiya kuzatuvlari ma'lumotlari asosida belgilanadi. Ulardan birinchisi shamoldan himoyalangan gorizonttal uchastkada qor qatlami vaznining o'rtacha arifmetik (kamida 10 yillik davr uchun) iqlimiy hudud hamda qoplama profiliga bog'liq ravishda aniqlanadi (I hudud uchun 0,5 KPagacha va IV hudud uchun 2,5 KPa gacha). Qor yuklari uchun ko'effitsiyent $\gamma_f = 1,4...1,6$ bo'lsa, shamol yuki uchun — 1,2...1,3. Shamolning me'yoriy yuklari shamolning tezlik bosimiga (kamida 5 yillik davr uchun shamol tezligiga oid statistika ma'lumotlari bo'yicha) bog'liq ravishda, hamda bino yoki inshootning aerodinamik tavsiflaridan kelib chiqib aniqlanadi. Shamol yuki nafaqat shamolning u ta'sir ko'rsatadigan devorga faol bosim tariqasidagi, balki tom yopmasi va qarama-qarshi tarafdagi devorga ko'rsatadigan so'rish sifati ham hisobga olinadi. Ijtimoiy binolar orayopmalariga odamlar yig'ilishidan tushadigan me'yoriy yuk 4 kN/m^2 ga teng deb qabul qilingan. U bir kvadrat metr orayopmada har birining og'irligi 80 kg dan bo'lgan 5 ta kishi joylashishi mumkin degan farazdan kelib chiqadi. Biroq inson massasi 80 kg dan ortiq bo'lishi ham mumkin. Shu sababli yuk bo'yicha ishonchlilik ko'effitsiyenti $\gamma_f = 1,2$ kiritilib, orayopmalarga tushadigan hisobiy yuk $4,8 \text{ kN/m}^2$ ni tashkil qiladi.

Hisobiy yuklar kamdan-kam hollarda takrorlanadi. Masalan, shamol va qordan tushadigan yuk — 10...15 yilda bir marta, qavatlar oralig'idagi orayopmalarga tushadigan yuk — 15..20 yilda bir marta. Yuk bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti chegaraviy holatlarning ikkinchi guruhi bo'yicha hisoblashda, odatda, 1,0 ga teng deb olinadi. Yoriqbardoshlikning 1-sinfiga taalluqli temirbeton konstruksiyalar uchun yoriqlar sodir bo'lishiga hisoblashda γ_f koeffitsiyent xuddi mustahkamlikka hisoblashdagi kabi qabul qilinadi.

Zarba sodir qiladigan va inshootning tebranishini keltirib chiqaradigan (kranlar, poyezdlar) dinamik yuklar ta'siri, foydalanish sharoitlarining o'zgarishi (texnologik asbob-uskunalarining rekonstruksiyasi, binolar vazifasining o'zgarishi va b.) yuklarni yuklar bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyentiga bog'liq bo'lmagan maxsus dinamik koeffitsiyentiga ko'paytirish orqali hisobga olinadi. Misol uchun, yig'ma konstruksiya elementlarini ularni ko'tarish, tashish va montaj qilishda yuzaga keladigan kuchlar ta'siriga hisoblashda element massasidan tushadigan yuk ularni hisoblashda tashishda — 1,6 ga, montaj chog'ida esa — 1,4 ga teng bo'lgan dinamik koeffitsiyent bilan kiritiladi. Bu holda element massasi uchun yuk bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti 1,0 ga teng deb olinadi.

Ta'sir qilish davomiyligiga ko'ra yuk va ta'sirlar inshootdan to'liq foydalanish davrida ta'sir qiladigan *doimiy* (uning qismlari vazni, grunt vazni va bosimi, konstruksiyalarning oldindan zo'riqtirish ta'siri), ham *vaqtinchalik* yuk va ta'sirlarga bo'linib, ularning qiymati hamda inshoot yoki konstruksiyada joylashish o'rni foydalanish jarayonida va vaqtga bog'liq ravishda o'zgarib, muayyan foydalanish davrlarida ular butkul yoki qisman bo'lmasligi mumkin. Vaqtinchalik yuk va ta'sirlar o'z navbatida *uzoq davom etadigan yuklarga* (statsionar uskunalar vazni, gaz, suyuqlik va sochiluvchan jismlar bosimlari, omborlar, kutubxonalar, sovutgichlar, hujjatxonalar orayopmalari va devorlariga tushadigan kuchlar, statsionar uskunalarining iqlimiy va harorat texnologik ta'sirlari, asosning notekis deformatsiyasi ta'sirlari, materiallarning kirishishi va salqiligi ta'siri, qor qatlami qismining og'irligi va h.k.)

hamda *qisqa muddatli yuklarga* (odamlar, mebel va yengil uskunalar, ta'mirlash materiallari vazni, qurilish konstruksiyalarini tayyorlash, tashish va tiklashda yuzaga keladigan yuklar, harakatdagi va ko'tarish-transport uskunasi tushadigan yuklar, qor, shamol yuklari, iqlimning yaxmalak va harorat ta'sirlari) hamda *alohida yuk va ta'sirlarga* (seysmik va portlash ta'sirlari, texnologiya jarayonlarining keskin buzilishi yoki uskunalar ishdan chiqishi, asoslar notekis cho'kishi yoki karstli hududlarda yer yuzasining deformatsiyalanishi tufayli yuzaga keladigan ta'sirlar va h.k.) ajraladi.

Yuk va ta'sirlar ularning yuzaga kelish yoki ro'yobga chiqish ehtimoliga bog'liq ravishda tasniflanadi. Kombinatsiyalarda zamon va makon korrelatsiyasi hisobga olinishi shart. Yuqorida qayd etilgani kabi, ko'priklarga ta'sir etadigan yuklar, shuningdek konstruksion materiallar mustahkamligi tasodifiy qiymat hisoblanadi. Doimiy yuklar ehtimolligining taqsimlanishi aksariyat hollarda taqsimlanish zichligi quyidagicha bo'lgan normal qonun bilan (Gauss qonuni) yaxshi bayon etiladi [11]:

$$p(S_{i,d}) = \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{S_{i,d} - \bar{S}}{2\sigma_i^2}}, \quad (3.2)$$

bu yerda $S_{i,d}$ — i -doimiy yuk ta'siri — tasodifiy qiymat;

$\bar{S}$ — $S_{i,d}$ qiymatni matematik natijasi (o'rtacha);

σ_i — $S_{i,d}$ qiymat (o'rtacha kvadratik og'ishuv) standarti.

Doimiy yuklarning **me'yoriy qiymatlari** sifatida, odatda, ularning o'rtacha qiymatlari qabul qilinadi.

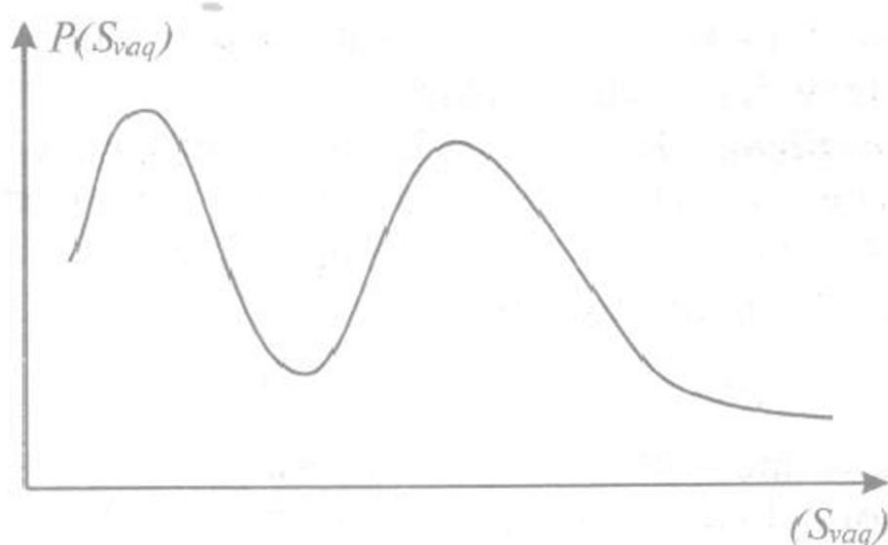
Doimiy yuklarning $S_{i,d}$ **hisobiy qiymatlari** ushbu yuklar tasodifiy qiymatlarining o'rtachasidan zaxira kamayishi tomonga ehtimoliy og'ishuvlarini hisobga oladi. An'anaviy tarzda R hisobiy qiymatlarning ta'minlanganligi og'ishuvga muvofiq o'rtacha qiymatdan 3σ («uch sigma» qoidasi), ya'ni $R = 0,9986$ deb qabul qilinadi.

Konstruksiyalarning o'z og'irligidan tushadigan yuklar yoyilishi, odatda, tayyorlash va montajga beriladigan ruhsatlar

bilan cheklangan; bunda variatsiya koeffitsiyenti, ya'ni standartning o'rtachasi ($V - \sigma / S$) ga nisbati 0,02 dan 0,03 gacha bo'lgan oraliqda joylashgan. Shu sababli o'z og'irligidan tushadigan yuklarga ishonchlilik koeffitsiyentlari 1,1 yoki 0,9 ga teng deb qabul qilinadi (so'nggi qiymat o'z og'irligidan tushadigan yuk elementdagi umumiy kuchni kamaytirgan hollarda). Boshqa doimiy yuklar ancha ko'proq yoyilgan bo'lib, mos ravishda ular uchun ishonchlilik koeffitsiyentlari ham 1,3 dan 2,0 ga qadar oraliqda olinadi.

Avtotransportdan vaqtinchalik tushadigan yuklar (S_v) ehtimolining taqsimlanishi ikki modalli shaklga ega (3.1-rasm):

Bu grafikdagi dastlabki ko'tarilish yengil va kichikroq yuk mashinalari ta'siri bilan bog'liq bo'lib, inshootning yuk ko'tarish imkoniyatini belgilab bermaydi. Shuning uchun uni tahlilga qo'shmasa ham bo'ladi. Ikkinchi ko'tarilish esa og'ir vaznli yuk avtomobillari (uch o'qli yuk mashinalari, ko'p o'qli furalar, avto) ta'sirini aks ettiradi va muayyan yaqinlashish orqali normal taqsimlanish qonuni bilan bayon etilishi mumkin. Bunda normal foydalanish sharoitlarida maksimal ta'sir qiladigan yukka muvofiq keladigan me'yoriy yuk S_n esa o'rtacha S yukdan 3...4 standart, hisobiy S_r yuk esa 5...6 standart uzoqda joylashadi, ya'ni



3.1-rasm. Avtotransport vositalaridan ko'priqda yuk taqsimlanish zichligining xarakterli ko'rinishi

$$S_7 = \bar{S} + (3...4)\sigma; \quad S_8 = \bar{S} + (5...6)\sigma. \quad (3.3)$$

Aytish lozimki, me'yoriy va o'rtacha yuklar o'rtasidagi standartlarda ifodalangan farq oraliq uzunligi kattalashgani sari foydalanish yuklari ham kengroq joylashishi oqibatida ortib boradi. Shu bilan birga hisobiy muvaqqat yuklarga kiritilgan zaxiralar kamayib boradi, chunki oraliq kattalashib borishi bilan umumiy kuchda ushbu yuklarning ulushi kamayib boradi. Vaqtinchalik yuk uchun variatsiya koeffitsiyenti $v = 0,20...0,30$ ga teng bo'lib, oraliq uzunligi kattalashgan sari kamayib boradi.

Kichik yuklash uzunliklari uchun avtomobil yuklariga (qatnov qismi plitalarini hisoblash) va katta oraliqlar uchun ishonchlilik koeffitsiyentlarini tahlil qilib chiqaylik. Bunda mos ravishda yukning statistika parametrlarini ularning oraliqqa bog'liqlik turini hisobga olib qabul qilinadi.

Plita. Qatnov qismi plitasiga vaqtinchalik yuklar uchun variatsiya koeffitsiyentini $v = 0,3$; me'yoriy yukdan tushadigan kuchni $S_H = \bar{S} + 3\sigma$ hisobiy yukdan tushadigan kuchni $S_H = \bar{S} + 6\sigma$ deb qabul qilish mumkin.

Ishonchlilik koeffitsiyenti hisobiy va me'yoriy yuklardan tushadigan kuchlar nisbati bilan belgilanadi.

$$\gamma = S_H/S_N = (1 + 0,3 \cdot 6)/(1 + 0,3 \cdot 3) = 1,47. \quad (3.4)$$

Me'yorlarda AK yuk aravasi uchun ishonchlilik koeffitsiyenti $\gamma = 1,5$ ga teng deb qabul qilingan.

Katta oraliqlar. Katta oraliqlardagi muvaqqat yuklar uchun variatsiya koeffitsiyenti $v = 0,2$; me'yoriy yukdan tushadigan kuch $S_H = \bar{S} + 4\sigma$; hisobiy yukdan tushadigan kuch $S_H = \bar{S} + 5\sigma$.

Ishonchlilik koeffitsiyenti

$$\gamma = S_H/S_N = (1 + 0,2 \cdot 5)/(1 + 0,2 \cdot 4) = 1,11. \quad (3.5)$$

Amaldagi me'yorlarda AK sxemasidagi taqsimlangan yuk uchun ishonchlilik koeffitsiyenti 1,2 ga teng. Yangi me'yorlar loyihasida — 1,15.

Vaqtga bog'liq ravishda o'zgaradigan ta'sirlar: 1) doimiy amal qiladigan yuk va ta'sirlar (konstruksiyaning o'z og'irligi,

armaturani dastlabki taranglatish kuchlari, cho'kish va siljuvchanlik ta'sirlari, ko'tarma og'irligidan grunt bosimi va b.); 2) muvaqqat yuklar (harakatdagi tarkibdan foydali yuk, shamol hamda markazdan qochma kuchdan gorizonta ko'ndalang yuk, tormozlanish yoki tortish kuchidan gorizonta bo'ylama yuk, harakatdagi tarkibdan grunt bosimi); 3) alohida ta'sirlar (seysmik ta'sirlar, transport vositalarining bosimi, poyezdlar katta tezlik bilan harakatlanishida harakatdagi temir yo'l tarkibidan olinadigan dinamik zarbalar).

Makonda o'zgaradigan ta'sirlar: 1) erkin (avtomobillar yuki); 2) qisman qayd etilgan (poyezd, tramvay yuklari); 3) qayd etilgan yuklar (turli kranlar).

Boshqa belgilariga ko'ra tasniflash: 1) ta'sir xarakteriga ko'ra (statik, dinamik); 2) qisqa muddat davom etadigan ta'sirlar; 3) uzoq muddat davom etadigan ta'sirlar; 4) deformatsiyalarning kuchli cheklanish sharoitidagi ta'sirlar (harorat-kirishish tufayli kelib chiqqan).

Yuk va ta'sirlar uyg'unligi: Bir vaqtning o'zida yuzaga keladigan ta'sirlarning ustma-ust tushishi eng noxush kombinatsiyalar shaklida amalga oshiriladi. Bunda ular birga kelishiga oid quyidagi qoidalarga rioya qilish lozim:

1) doimiy va vaqtinchalik yuk va ta'sirlar barcha hisobiy kombinatsiyalarda mavjud bo'lishi shart;

2) muvaqqat va alohida yuk va ta'sirlarni (hisob-kitobni soddalashtirish maqsadida) birgalikda yuzaga kelib, bir-biriga qattiq bog'liq bo'lgan va maksimal qiymatga bir vaqtda erishadigan uyg'unliklarda ko'rib chiqish maqsadga muvofiq (masalan, muvaqqat vertikal yuk, tormoz kuchi va markazdan qochma kuch). Ta'sirlarni, ularga biroz o'zgartirish kiritib, maksimal qiymatlari makon va zamonda mos tushish ehtimoli juda kichik bo'lgan mustaqil ta'sirlar sifatida ko'rib chiqish lozim (masalan, muvaqqat vertikal yuk va shamol yuki). Bu yerda biz faqat qurilish konstruksiyasining statik hisobiga qo'yiladigan eng asosiy talablar haqida so'z yuritib, inshootlar turli muayyan statik tizimlarining ichki kuchlarini aniqlash tafsilotlariga to'xtalib o'tirmadik. Bunday tizimlarning qurilish mexanikasi tegishli maxsus adabiyotlarda

yetarli darajada to'liq keltirilgan. Aniqlangan kuchlar ishonchlilikka ham determinatsiyalangan, ham ehtimoliy shaklda hisobiy baholash uchun zarur.

Odatda, konstruksiyaga bir necha xil yuklar ta'sir ko'rsatadi. Konstruksiyani barcha hisobiy yuklarning bir vaqtning o'zidagi ta'siriga hisoblash ortiqcha mustahkamlik zaxirasi va materialning ortiqcha sarfini beradi. Shu bilan birga, barcha hisobiy yuklar kichik qiymatga ega bo'lgan holda ular bir vaqtning o'zida amal qilishi ehtimoli juda kam. Bir vaqtning o'zida ikki yoki bir necha muvaqqat yuklar ta'sir qilganida konstruksiyalarning ham birinchi guruh, ham ikkinchi guruh chegaraviy holatlari bo'yicha hisobi ushbu uyg'unliklarning eng noxush birikib kelishini hisobga olib bajarilishi lozim. Hisobga olinadigan yuklar tarkibiga bog'liq ravishda doimiy, uzoq muddatli va qisqa muddatli yuklardan iborat *asosiy uyg'unliklar*, hamda doimiy, uzoq muddatli va ehtimoliy qisqa muddatli va alohida yuklarning biridan tarkib topgan *alohida (favqulodda) uyg'unliklarni* farqlaydilar. Bunda hisob-kitobga kiritiladigan muayyan qisqa muddatli yuk tegishli uzoq muddatli yukda hisobga olingan qiymatga kamaytirilib qabul qilinadi.

Ushbu uyg'unliklar turli yuklar bir vaqtning o'zida amal qilishiga oid real variantlardan kelib chiqib, ba'zi yuklar ishtirok etmasligi yoki ularning ta'sir qilish sxemasi o'zgarishini hisobga olgan holda belgilanadi. Bir qancha tasodifiy ta'sirlarning bir vaqtda amal qilish ehtimoli kamligi, odatda, barcha ta'sirlar amal qilishidan olingan yuk samaralari summasini uyg'unlashuv koeffitsiyenti γ_s ga ko'paytirish yo'li bilan hisobga olinadi. Uyg'unlashuv koeffitsiyenti, odatda, umumiy yuk samarasi va alohida ta'sirlarning hisobiy qiymatlarini teng ta'minlanganligi sharti va hisobga olinayotgan ta'sirlar turi, hamda ularning umumiy yuk samarasi tarkibidagi ulushiga bog'liq bo'ladi. Masalan, ko'p qavatli binolarda bir vaqtning o'zida kuchli shamol, qoplamaning eng katta qor yuki hamda barcha orayopmalarda maksimal foydali yuk ta'siri amal qilishi ehtimoldan yiroq va deyarli mumkin emas. Ushbu omilni hisobga olish uchun, $\gamma_s < 1$ uyg'unlashuv koeffitsiyenti kiritiladi va u bir vaqtning o'zida bir

necha tasodifiy yuklarning amal qilish ehtimolini hisobga oladi. Uyg'unlik koeffitsiyentlari qiymatlari QMQ 2.01.07 - 85 "Yuk va ta'sirlar" me'yorida belgilab berilgan. Ushbu me'yorlarda uyg'unliklarning birgalikdagi koeffitsiyenti va umumiy hisobiy kuch qo'llanilib, u, misol uchun, quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$S = \gamma_c \sum S_i. \quad (3.6)$$

Ko'plab xorijiy me'yorlarda alohida uyg'unlik koeffitsiyentlari qo'llanilib, ular quyidagi ko'rinishdagi bog'liqliklarga olib keladi:

$$S = S_i \sum \gamma_c. \quad (3.7)$$

Ba'zi hollarda nisbatan murakkab iyerarxik bog'liqliklar ham qo'llanilib, ular ham qo'shilgan, ham alohida uyg'unlik koeffitsiyentlarini o'z ichiga oladi.

Uyg'unlik tarkibiga kirgan yuklarning fizik mohiyatini ma'lum jihatdan bo'lsa ham hisobga olish zarurati uyg'unlik koeffitsiyentlari QMQ da yetarlicha murakkab usul yordamida aniqlanishiga olib keladi (yuklar miqdoriga bog'liqlik, bir vaqtning o'zida hisobga olinadigan kran ta'sirlari miqdorini cheklash va h.k.). Xorijiy me'yorlar odatda konstruksiyalarni turli yuklar uyg'unliklariga tekshirishning nisbatan soddaroq qoidalarini shakllantiradilar. Masalan, AQSh va Buyuk Britaniya me'yorlari doimiy ta'sirlar (DL), foydali vaqtincha (LL), shamol (WL), seysmik (EL) ta'sirlar kombinatsiyalarining hisob-kitobini tavsiya etib, ya'ni yuklarning sakkiz xil ehtimoliy uyg'unliklarini tekshirib ko'rish taklif etiladi:

1,4 DL

1,2DL + 1,6LL

0,9DL ± 1,3WL

1,2DL ± 1,3WL

1,2DL + 0,5LL ± 1,3WL

0,9DL + 1,0EL

1,2DL ± 1,0EL

1,2DL + 0,5LL ± 1,0EL.

Mazkur sharoitlarda Yevrokod quyidagi kombinatsiyalarni tekshirishni tavsiya etadi:

1,35 DL
 1,35DL + 1,50LL
 1,35 DL $\pm$ 1,50 WL
 1,00DL + 1,50WL
 1,35 DL + 1,35 LL $\pm$ 1.35 WL
 1,00 DL $\pm$ 1,00 EL
 1,00DL + 1,5 0,3LL $\pm$ 1,0EL.

Yuklar taqdim etilgan kombinatsiyalar tarkibiga kirgan koef-
 fitsiyentlar ko'rib chiqilayotgan yuklar uyg'unliklarini amalga
 oshishining taxminan bir xil ehtimolini ta'minlash shartidan kelib
 chiqib tanlangan va kalibrovkalash amaliyoti natijalariga ko'ra tanlab
 olinadi. Umuman, yuklar uyg'unliklari ahamiyatini ehtiyot bo'lib,
 shu bilan birga, yuklar uyg'unliklarining hisobga olish murakkabligi
 amaliy jihatdan maqbul vazifasi muammosi, bu yerda yukning alohida
 turlarining chastota tavsiflari e'tiborga olinishi talab etilib, o'z
 yechimini kutib turibdi. Konstruksiyalarni o'z ichiga bir qisqa
 muddatli yukni olgan asosiy uyg'unliklarga hisoblashda qisqa muddatli
 yuk qiymati pasayishsiz, ikki va undan ortiq qisqa muddatli yukni
 o'z ichiga olgan asosiy uyg'unliklarga hisoblashda esa ushbu
 yuklarning hisobiy qiymatlari $\gamma_s = 0,9$ koeffitsiyentiga ko'paytiriladi.
 Asosiy uyg'unliklarga to'rt va undan ortiq qisqa muddatli yuk
 qo'shilganida uyg'unliklar koeffitsiyenti 0,8 ga teng. Kons-
 truksiyalarni alohida uyg'unliklarga hisoblashda esa qisqa muddatli
 yuklarning hisobiy qiymatlari $\gamma_s = 0,8$ koeffitsiyentiga ko'paytiriladi.
 Bu holda alohida yuk pasayishsiz qabul qilinadi. Bunda yuklarning
 kamayishiga real vaziyatda barcha yuklarning bir vaqtning o'zidagi
 ta'siri kamdan-kam hollarda uchrashi sabab bo'lgan.

Konstruktiv elementga bir vaqtning o'zida ikki yoki bir nechta
 vaqtinchalik yuklar uyg'unliklarining ta'sirini me'yorlashtirishda
 yuklar uyg'unliklari koeffitsiyentlari **teng ishonchlilik tamoyilidan**
 kelib chiqib belgilanadi. Bu konstruktiv elementning istalgan yuk
 uyg'unliklariga buzilmay ishlashi ta'minlanganligi bir xil bo'lishi
 kerakligini bildiradi. Ko'priklarni loyihalashning avvalgi me'yor-
 larida vaqtinchalik yuklardan tushadigan umumiy ta'siriga yagona
 uyg'unlik koeffitsiyenti kiritilar edi. Tabiiyki, uning qiymati birdan
 kamroq qilib qabul qilinardi:

$$m \cdot \sum S_i \leq A \cdot [\sigma]. \quad (3.8)$$

Amaldagi me'yorlarda chegaraviy holatlar uslubiyotining rivojiga uyg'unlik koeffitsiyentlari tabaqalashtirilgan tarzda kiritiladi:

m_1 — asosiy vaqt yukiga S_{as} va $m_2 \leq m_1$ — barcha qolgan vaqtinchalik yuklarga $\sum S_i$:

$$m_1 \cdot S_{as} + m_2 \cdot \sum S_i \leq A \cdot [R]. \quad (3.8,a)$$

Uyg'unlik koeffitsiyentlarining me'yoriy qiymatlarini quyidagicha tanlash mumkin. S ikki muvaqqat yuklar — S_1 va S_2 elementlariga umumiy ta'siri mavjud deb olaylik. Bu yuklar tasodifiy qiymat bo'lib (aniqlik kiritish maqsadida ular normal qonunga binoan taqsimlangan deb qabul qilamiz), ularning o'rtacha qiymatlari — $\bar{S}_1$ i $\bar{S}_2$, standartlari esa, mos ravishda σ_1 va σ_2 .

Muvaqqat yuklar va ular uyg'unligi hisobiy S_p qiymatlarining n standartlarga ta'sirlarining o'rtacha qiymatidan oshishiga mos keluvchi ishonchlilik sathi berilgan, ya'ni:

$$S_{hi} = \bar{S}_i + n \cdot \sigma_i. \quad (3.9)$$

Uyg'unlik koeffitsiyenti qiymati m_1 ni olamiz va teng ishonchlilik tamoyilidan kelib chiqib, m_2 qiymatini aniqlaymiz.

Tasodifiy qiymatlarni qo'shish qoidasiga binoan quyidagini olamiz:

$$\bar{S} = \bar{S}_1 + \bar{S}_2 \text{ va } \sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2. \quad (3.10)$$

Shunda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$S_{h1} = \bar{S}_1 + n \cdot \sigma_1; \quad S_{h2} = \bar{S}_2 + n \cdot \sigma_2; \quad S_h = \bar{S} + n \cdot \sigma.$$

Shu vaqtning o'zida $S_h = m_1 \cdot S_{r1} + m_2 \cdot S_{r2}$.

Bundan $m_2 = (S_{r-m1} \cdot S_{h1}) / S_{h2}$.

Misol. S_1 va S_2 — ikki vaqtinchalik yukning tasodifiy ta'sirlari;

$$\bar{S}_1 = 100; \quad \sigma_1 = 30; \quad \bar{S}_2 = 80; \quad \sigma_2 = 32,$$

hisobiy yuklarning ishonchlilik darajasi — o'rtacha qiymatlardan 4 standart ortiq; $m_1 = 0,9$. m_2 topilsin.

Yechim: $S = S_1 + S_2$ deb belgilaymiz.

MUSTAHKAMLIK TAVSIFLARI VA ULARNING ISHONCHLILIK KOEFFITSIYENTLARI

4.1. Materiallar qarshiligi tavsiflarining o'zgaruvchanligi va ularga tegishli hisobiy koefitsiyentlar tizimi

Materialning kuchlar ta'siriga qarshiligining asosiy parametri *me'yoriy qarshilik* — R_n bo'lib, u nazorat sharoitlari va material mexanik xossalarining statistika jihatidan o'zgaruvchanligini hisobga olib qurilish konstruksiyalarini loyihalash me'yorlarida belgilab beriladi. Prokatlangan po'latning me'yoriy qarshiligi deb, metall bo'yicha amaldagi O'zDSt larida o'rnatilgan oquvchanlik chegarasi σ_y ning eng kichik nazorat qilinadigan (yaroqsizlanadigan) qiymati qabul qilinadi. Yorqin ifodalangan oquvchanlik maydonchasi bo'lmagan holda shartli oquvchanlik chegarasi sifatida $\sigma_{0,2}$ kuchlanishi olinib, u qoldiq nisbiy cho'zilishga muvofiq keladi $\varepsilon_f = 0,2\%$. Alumin qotishmalarning me'yoriy qarshiligi deb ikki qiymat: $0,7\sigma_u$ va $\sigma_{0,2}$ dan kichikrog'i olinadi. R_n qiymatidan tashqari materiallar tavsifining boshqa (elastiklik moduli, ishqalanish koefitsiyentlari, tishlashish, salqilik, kirishish va b.) me'yoriy qiymatlari ham belgilanishi mumkin bo'lib, ular statistika ma'lumotlarining o'rtacha qiymatlariga ko'ra qabul qilinadi.

Agar cho'zilishga ishlaydigan metall konstruksiyalardan (masalan, ichki bosimiga ega bo'lgan suv o'tkazgich quvurlar, silindr idishlar va boshqa konstruksiyalar) ular metalli oquvchanlik chegarasiga yetganidan keyin ham foydalanish mumkin bo'lsa, u holda me'yoriy qarshilik R_{un} sifatida mazkur hujjatlarda belgilangan σ_u mustahkamlik chegarasining eng kichik nazorat qilinadigan qiymati qabul qilinadi. Bu fikr tutam yoki o'ram ko'rinishida qo'llanadigan o'ta mustahkam po'lat simga ham oid. Qurilish po'latlari mustahkamlik xossalaridan to'liq foydalanish

maqsadida QMQ ning tegishli bobida ularning me'yoriy qarshiliklari po'latning har bir markasi uchun alohida tabaqalashtirilib, bunda mustahkamlik guruhi (1- yoki 2-guruh), prokat turi (listli yoki fasonli) va uning qalinligi hisobga olingan.

Terilgan g'isht (tosh)ning me'yoriy qarshiligi deb, terilganidan 28 kun o'tganidan keyingi uning siqilishga nisbatan mustahkamligiga aytilib, bu tosh (g'isht) va aralashma mustahkamligiga bog'liq. Yog'ochning me'yoriy qarshiligini 12% namlikda standart namunalarning tolalari bo'ylab cho'zilish (siqilish)ga mustahkamlik chegarasining o'rtacha qiymatidan kelib chiqib belgilaydilar. Betonning me'yoriy qarshiligi sifatida, ta'sir turiga bog'liq ravishda, ikki kattalikdan biri qabul qilinadi: R_{bn} — balandligi kvadrat standart prizmalar siqilishga mustahkamlik chegarasining eng kichik nazorat qilinadigan qiymati, balandligining kvadrat asosi o'lchamiga nisbati quyidagicha $h/a = 3...4$ (*prizma mustahkamligi*); R_{brn} — ko'pincha «sakkiz» ko'rinishidagi namunalarni uzilishga sinash bilan belgilanadigan cho'zilishga mustahkamlik chegarasining eng kichik nazorat qilinadigan qiymati. Bundan tashqari, betonning kubik mustahkamligi — 15 sm qovurg'ali standart kubiklarning siqilishga mustahkamlik chegarasi ham mavjud.

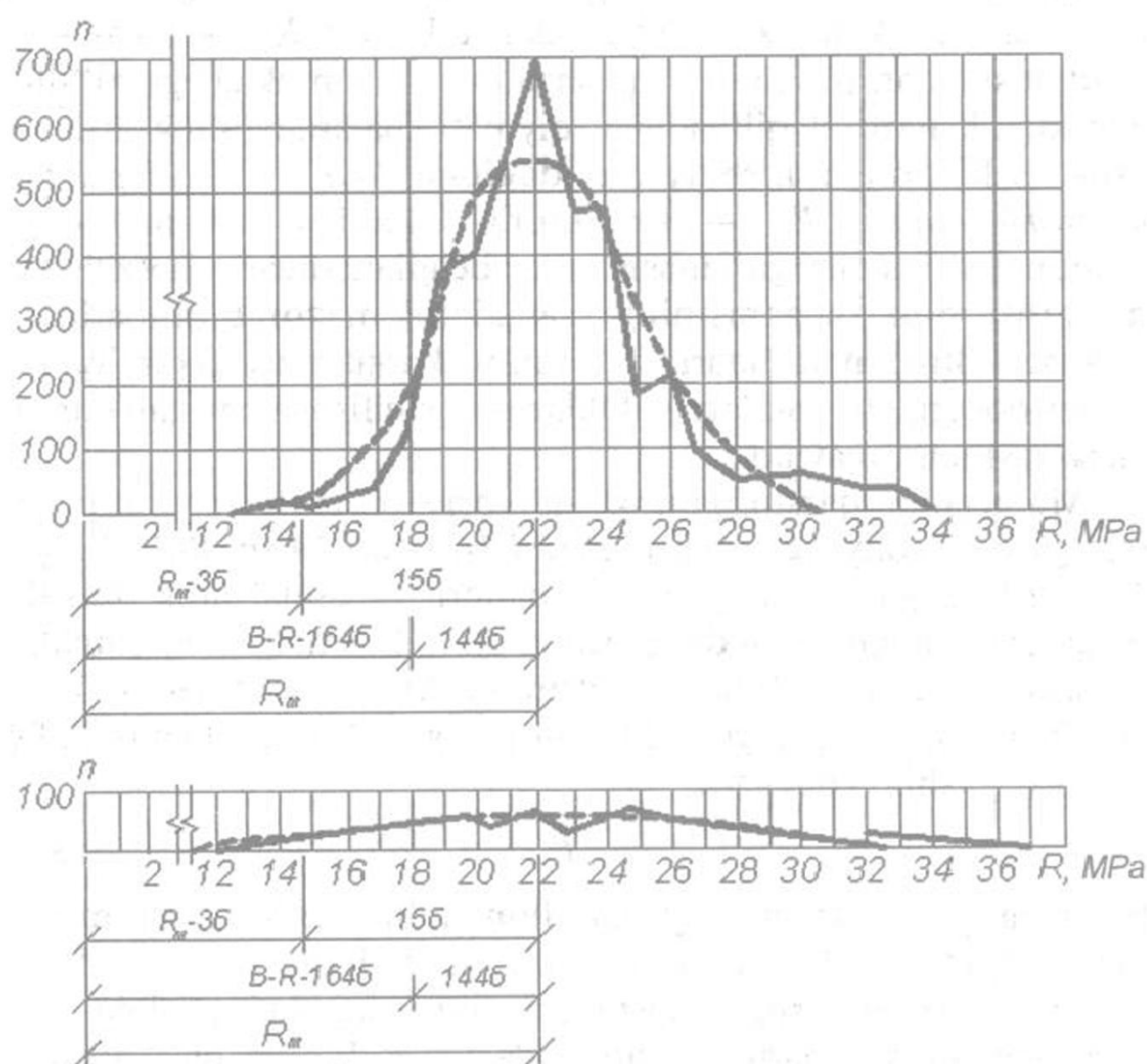
Materiallar qarshiligining me'yoriy qiymatlardan noxush tarafga ehtimoliy og'ishini *material bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti* hisobga oladi: $\gamma_m > 1$. U material xossalarining statistik o'zgaruvchanligini hamda ularning alohida sinalgan namunalar xossasidan farqlanishini aks ettiradi. Me'yoriy qarshilikni γ_m koeffitsiyentga bo'lish yo'li bilan olinadigan tavsifga materialning hisobiy qarshiligi deyiladi:

$$R = R_n / \gamma_m, \quad (4.1)$$

bu yerda γ_m — material bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti, metall uchun 1,025... 1,15, armatura po'latlari uchun $\gamma_s = 1,05... 1,20$; beton uchun siqilishga mustahkamlikni nazorat qilishda ikki koeffitsiyent kiritiladi — siqilishda $\gamma_{bc} = 1,3$ va cho'zilishda $\gamma_{br} = 1,5$, cho'zilishga mustahkamlikni nazorat qilishda ishonchlilik koeffitsiyenti $\gamma_{br} = 1,3$.

Ushbu tavsif foydalanish davrida materialning eng kichik ehtimoliy qarshiligidan iborat bo'lib, uning R qiymatlari QMQ ning tegishli boblarida belgilanadi. Material bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti material mexanik xossalarining o'zgaruvchanligini hamda metallni prokatlashdagi minus (manfiy) qo'yilmalarni hisobga oladi. Yuqorida nomi keltirilgan *vazifasiga bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti* $\gamma_n \leq 1$ hisobiy qarshilik qiymatiga bo'luvchi sifatida ishlatilishi mumkin.

Beton mustahkamligi ham o'zgaruvchanlik xususiyatiga ega. Agar bir tarkib aralashmasidan bir vaqtning o'zida tayyorlangan



4.1-rasm. Beton sifati baland (a) va past (b) bo'lganidagi beton mustahkamligining taqsimlanish egri chiziqlari

beton namunalari sinovdan o'tkazilsa, uning mustahkamligi ancha farqli ekanligi ma'lum bo'ladi. Ba'zi namunalar mustahkamligi o'rtachadan kichik, ba'zilariniki esa kattaroq bo'ladi. Beton mustahkamligining o'zgaruvchanligi ushbu sinovlar ma'lumotlariga binoan olingan mustahkamlik taqsimlanishi egri chiziqlari bilan tavsiflanadi (4.1-rasm). Grafikda absissalar o'qi bo'ylab nazorat qilinadigan mustahkamlik qiymatlari qo'yilib, ordinatalar o'qi bo'yicha esa — nazorat qilinadigan mustahkamlikning u yoki bu qiymati paydo bo'lish hollari chastotasi ko'rsatiladi.

Odatda namunalarni sinash natijalari statistika ishlovidan o'tkaziladi. Namunalar miqdori yetarlicha ko'p bo'lganida material mustahkamlik tavsiflarining o'rtacha qiymatdan ham kichik, ham katta tarafga og'ish ehtimoli taxminan bir xil bo'lib, shu sababli empirik egri chiziq normal taqsimlanish nazariy egri chizig'iga (Gauss egri chizig'i) ancha yaqin bo'ladi. Betonni tayyorlash uni zichlash texnologiyasi naqadar mukammal bo'lsa, uning bir xilliligi shuncha yuqori va mustahkamlikning taqsimlanish egri chizig'i shu qadar qiya (baland) bo'ladi.

Namunalarni sinash natijalariga ko'ra betonning vaqtga oid qarshilik ko'rsatishining o'rtacha arifmetik qiymati hisoblab topilib, u statistikada matematik natija nomi bilan yuritiladi:

$$R_m = \frac{n_1 R_1 + n_2 R_2 + \dots + n_i R_i}{n}, \quad (4.2)$$

bu yerda $R_1, R_2, \dots, R_i$ — mustahkamlik tavsiflarining xususiy qiymatlari; $n_1, n_2, \dots, n_i$ — seriya (turkum)dagi namunalar miqdori.

O'rtacha kvadratik og'ishuv (*chetlashuv*) (*standart*) quyidagi formulaga binoan aniqlanadi:

$$\sigma = \sqrt{\frac{n_1 \Delta_1^2 + n_2 \Delta_2^2 + \dots + n_i \Delta_i^2}{n - 1}}, \quad (4.3)$$

bu yerda $\Delta_1 = R_1 - R_m$; $\Delta_2 = R_2 - R_m$; $\Delta_i = R_i - R_m$.

Materiallar xossalariining nisbiy o'zgaruvchanligi *variatsiya koeffitsiyenti* (yoki *o'zgaruvchanlik koeffitsiyenti*) bilan baholanadi:

$$v = \sigma / R_m. \quad (4.4)$$

Ehtimollik nazariyasiga ko'ra barcha namuna sinovlarining kamida 68,3% qismi $R_m \pm \sigma$ atrofidagi tavsifga ega. Barcha namunalarning kamida 95,0% $R_m \pm 1,64\sigma$ tavsifi qiymatiga ega bo'lsa, $R_m \pm 3\sigma$ qiymatlar intervalidan sinov natijalarining kamida 99,7% qismi joy oladi. Materiallarning kuch ta'sirlariga qarshiligining asosiy parametrlari *me'yoriy qarshiliklar* R_n bo'lib, ular ishlab chiqarishdagi sifatni nazorat qilish shart-sharoitlari va tavsiflarning statistik o'zgaruvchanligini hisobga olgan holda loyihalash me'yorlari bilan belgilanadi. Me'yoriy qarshilik tajribalar orqali standart o'lchamli tanlab olingan namunalarni sinash yo'li bilan aniqlanadi. Mohiyatiga ko'ra me'yoriy qarshilik material mustahkamlik xossalarining yaroqsizlik minimumidir. Me'yoriy qarshilik ta'minlanadigan ehtimollik kamida 95% ni tashkil qilishi lozim. Mexanik xossalarga bog'liq ravishda me'yoriy qarshilik oquvchanlik chegarasi yoki vaqtga bog'liq qarshiligi bo'yicha qabul qilinadi. Betonning siqilish va cho'zilishga me'yoriy qarshiliklari sifatida mos ravishda braklash minimumining tavsifiy (me'yoriy) qiymatlari qabul qilinib, $B = R_m - 1,64\sigma = R_m (1 - 1,64v)$ va $B_t = R_{tm} - 1,64\sigma = R_{tm} (1 - 1,64v)$, bu 95% li ishonarli ehtimollikka muvofiq keladi. Quruvchilarning ular tayyorlayotgan material (temirbeton va b.) sifatini yaxshilashga bo'lgan intilishini rag'batlantirib turish kerak. Xususan, V qiymati, ya'ni 95% ta'minlangan mustahkamlikni qurilishda yoki zavodda erishilgan o'zgaruvchanlik koeffitsiyenti — v ga bog'liq ravishda tuzatib borish mumkin. Zavodlar va qurilishlarda o'zgaruvchanlik koeffitsiyenti ancha keng miqyosda o'zgarib, qo'llanilayotgan materiallar sifatining doimiyligi, ularni dozalash nazorati, betonni parvarishlash kabilarga bog'liq. Loyihachi esa, odatda, korxonalarda beton tayyorlash sharoitlari bilan tanish emas. Shu bilan birga, u yoki bu sinf betonni tayinlash bilan, loyihachi me'yoriy qarshilik belgilangan darajada ta'minlanishi kerakligidan kelib chiqadi. Loyihalash me'yorlarida o'zgaruvchanlik koeffitsiyentlarining ba'zi o'rtacha qiymatlari qabul qilingan. Statistika ma'lumotlaridan kelib chiqib, katta miqdordagi korxonalar bo'yicha og'ir va yengil betonlar uchun o'zgaruvchanlik koeffitsiyentining o'rtacha qiymati 0,135, yacheykali betonlarning

ayrim turlari uchun esa — 0,18 va 0,20 ga teng deb qabul qilingan. Bu holda og'ir va yengil betonlarning me'yoriy qarshiligi siqilishda $V = 0,778 R_m$ ni, cho'zilishda esa $B = 0,778 R_m$ ni, yacheykali betonlar uchun, mos ravishda, $B = (0,672 - 0,705) R_m$ va $B_t = (0,672 - 0,705) R_m$ ni tashkil qiladi. Me'yoriy kubik mustahkamlik ishlab chiqarish nazorati uchun zarur bo'lib, biroq u loyihalashda qo'llanmaydi. Betonning siqilishga qarshiligi hisob-kitoblarda prizmalı yoki silindrik mustahkamlik bilan tavsiflanadi. Me'yorlarda qabul qilingan og'ir va yengil betonlar me'yoriy prizmalı mustahkamligi uchun qabul qilingan formula quyidagi ko'rinishga ega:

$$R_{bn} = B(0,77 - 0,001B).$$

Yacheykali betonlar uchun

$$R_{bn} = B(0,95 - 0,005B).$$

Betonning hisobiy qarshiliklari me'yoriy qarshiliklarni amaldagi mustahkamlikning me'yoriy mustahkamlikka nisbatan pasayish imkoniyatini hamda konstruksiyadagi beton mustahkamligining namunadagisidan farq qilish ehtimolini hisobga oladigan beton bo'yicha tegishli ishonchlilik koeffitsiyentiga bo'lish orqali aniqlanadi. Birinchi guruh chegaraviy holatlari bo'yicha hisob-kitoblarda:

$$R_b = R_{bn} / \gamma_{bc} \text{ va } R_{bt} = R_{btn} / \gamma_{bt}, \quad (4.5)$$

$$\text{bu yerda } \gamma_{bc} = \frac{R_n}{R_{\min}} = \frac{1 - 1,64v}{1 - 3v} \text{ va } \gamma_{bt} = \frac{R_m}{R_{t,\min}} = \frac{1 - 1,64v}{1 - 3v},$$

ya'ni betonning hisobiy qarshiliklari ushbu holda 0,997 ehtimolligi bilan beriladi.

Og'ir va yengil betonlar uchun ishonchlilik koeffitsiyenti siqilishda 1,3 ga, yacheykali betonlar uchun esa — 1,5 ga teng. Ishlab chiqarishda og'ir va yengil betonlarning cho'zilishga qarshiligi nazorat qilinganida betonning cho'zilishga mustahkamligi uchun ham ishonchlilik koeffitsiyenti qiymati xuddi shunday qabul qilingan (yacheykali betonlar qarshiligi nazorat qilinmaydi). Agar faqat siqilishga mustahkamlik nazorat qilinayotgan bo'lsa,

cho'zilishga mustahkamlik to'g'risida esa faqat ushbu qarshiliklar o'rtasidagi korrelatsion bog'liqlik bo'yicha fikr yuritish mumkin, unda cho'zilishga mustahkamlik quyidagi ishonchlilik koeffitsiyenti bilan qabul qilinadi: og'ir va yengil betonlar uchun — 1,5, yacheykali betonlar uchun esa — 2,3. Yacheykali betonlar uchun ishonchlilik koeffitsiyentlari qiymatlarining nisbatan yuqori ekanligi ana shunday betonlar mustahkamlik xossalari yuqori darajadagi o'zgaruvchanligi, shuningdek tayyorlash texnologiyasiga nisbatan katta sezuvchanligi (konstruksiyaadagi hamda nazorat namunalaridagi betonning mustahkamligi orasida katta farq mavjudligi) bilan bog'liq.

3-misol. Beton tayyorlash sifati o'zgaruvchanlik koeffitsiyenti qiymatiga qay darajada ta'sir ko'rsatishini namoyish etish maqsadida 4.1-rasmda B15 sinfiga oid, yaxshi va yomon sifatli 28 kunlik beton mustahkamligining taqsimlanish egri chiziqlari keltirilgan. Birinchi holda: o'rtacha (me'yoriy) mustahkamlik $R_n = 22,2$ MPa; standart chetlashish $\sigma = 2,7$ MPa; ishonchlilik

koeffitsiyenti $\gamma_{bc} = \left(1 - 1,64 \cdot \frac{2,7}{22,2}\right) / \left(1 - 3 \cdot \frac{2,7}{22,2}\right) = 1,26$; beton-

ning hisobiy qarshiligi $V = 22,2 / 1,26 = 17,6$ MPa. Ikkinchi holda: $R_n = 22,4$ MPa, $\sigma = 4,9$ MPa, ishonchlilik koeffitsiyenti

$\gamma_{bc} = \left(1 - 1,64 \cdot \frac{4,9}{22,4}\right) / \left(1 - 3 \cdot \frac{4,9}{22,4}\right) = 1,9$ (bir yarim barobar kat-

ta); betonning hisobiy qarshiligi $B = 22,4 / 1,9 = 11,8$ MPa. Ikkinchi guruh chegaraviy holatlari bo'yicha konstruksiyani hisoblashda γ_{bs} va γ_{bt} qiymatlari birga teng deb olinadi, chunki ushbu guruhda chegaraviy holat yuz berishi birinchi guruhdagi kabi xavfli emas (odatda avariya, halokat yoki talofatlar keltirib chiqarmaydi). Betonlarning sinfiga bog'liq ravishdagi, shuningdek elastiklik modullari qiymatlarining hisobiy qarshiliklari QMQ 2.03.01-97 «Beton va temirbeton konstruksiyalar» da keltirilgan.

Armatura po'latlarining me'yoriy qarshiligi R_{sn} sifatida nazorat yoki yaroqsizlik tavsiflari qabul qilinadi: sterjenli armatura uchun — fizik yoki shartli oquvchanlik chegarasi; simli armatura

uchun — uzilishga bo'lgan muvaqqat (vaqtinchalik) qarshiligi. Me'yoriy qarshilikning ishonchli ehtimolligi (ta'minlanganligi) kamida 0,95 ga teng bo'lishi shart.

Armaturaning hisobiy qarshiliklari R_s , beton uchun bo'lgani kabi, me'yoriy qarshiliklarni armatura bo'yicha ishonchlilik ko'effitsiyenti γ_s ga bo'lish orqali aniqlanib, uning raqamli qiymatlari guruhi, armatura po'latlarining statistik o'zgaruvchanligi xossalari bog'liq ravishda belgilanadi. Ushbu ko'effitsiyentlar shuningdek, konstruksiyalarni tayyorlash va ulardan foydalanish jarayonida sterjenlar kesimi maydonining o'zgaruvchanligini, armaturaning mexanik tavsiflari o'zgarish imkoniyatini, plastik deformatsiyalarning erta rivojlanishini va uzilish oldidan teng ravishda uzayishining kichik qiymatini, yashirin shaklida esa konstruksiyaning ishonchliligiga ta'sir ko'rsatadigan statistikaga oid bo'lmagan omillarni (sifat nazorati va sinov uslubiyotlari tizimlari, pasaygan foydalanish xossalari va h.k.) ham hisobga oladilar. Hisobiy qarshilik yetkazib berish holatida kamida 0,9985 ehtimoli bilan kafolatlanishi shart, ya'ni $R_s = R_{sm} / \gamma_s \leq R_{sm} - 3\sigma$.

Zo'riqtirilmaydigan A-I, A-II va A-III sinfli armaturalar uchun ishonchlilik ko'effitsiyenti γ_s 1,05 ga teng qilib olinadi. Zo'riqtiriladigan armatura uchun γ_s ning nisbatan kattaroq qiymatlari belgilab qo'yilgan: A-IV, At-IV, A-V va At-V sinflar uchun 1,15 hamda A-VI va At-VI sinflar uchun — 1,20. Ishonchlilik ko'effitsiyentining taxminan xuddi shunday qiymatlari simli armatura uchun ham qabul qilingan. Masalan, davriy profilli oddiy armatura simi (Br-1 sinfi) uchun $\gamma_s = 1,1$, B-II va Br-II sinflar hamda kanat (arqon)lar uchun $\gamma_s = 1,2$. Ushbu ko'effitsiyentlar ayniqsa yuqori kuchlanishlar ta'sirida armaturaning chirishdan sodir bo'lgan shikastlanishiga oid yaqqol xavfini, taranglanish jarayonida mexanik xossalarning o'zgarish imkoniyatini, yakka sterjenli avvaldan zo'riqtirilgan konstruksiyalarning (qovurg'ali plitalar) kattagina solishtirma vaznini va boshqa jihatlarni hisobga oladilar.

Chegaraviy holatlarning ikkinchi guruhi uchun ishonchlilik ko'effitsiyenti qiymati barcha turdagi armaturalar uchun birga teng deb olinib, ya'ni hisobiy qiymatlar son jihatidan me'yoriy

qarshilikka teng. Armaturaning siqilishga hisobiy qarshiliklari uning mustahkamligi va σ - ϵ diagrammadagi maksimal kuchlanishlarga mos betonning siqilish deformatsiyalari — ϵ_{bR} hisobga olgan holda aniqlanadi. Chegaraviy holatlarning birinchi guruhi bo'yicha hisoblashda me'yoriy hujjatlarda og'ir va yengil betonlarning siqilishdagi deformatsiyasidan kelib chiqariladi $\epsilon_{bR} = 2 \cdot 10^{-3}$. Bu qiymat yuqori ishonchli ehtimollik bilan kafolatlangani sababli, armaturaning siqilishga hisobiy R_{sc} qarshiliklari $\epsilon_{bR} E_s = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5 = 400$ MPa ga teng deb qabul qilinishi mumkin. Yacheykali betondan yasalgan konstruksiyalar uchun $R_{sc} = 360$ MPa. Bunda, albatta, barcha turdagi betonlar uchun R_{sc} qiymati R_s dan ortmasligi lozim.

Siqilishga olib keladigan yuk uzoq muddat ta'sir etishi oqibatida beton salqiligi zo'riqish (kuchlanish)lar betondan armaturaga qayta taqsimlanishi bilan kuzatiladi, ya'ni armaturadagi siqish kuchlanishlari ortib boradi. Ular eng so'nggi bosqichda ortganligi sababli uzoq muddatli yuk ta'sirida ishlaydigan og'ir va yengil betonli konstruksiyalarni tayyorlashda tegishli konstruksion talablarga rioya qilgan holda (xomutlar o'rnatish) R_{sc} qiymatini A-IV va At-IV sinfli armaturalar uchun 450 MPa ga, o'ta mustahkam sterjenli va simli armaturalar uchun esa — 500 MPa ga teng qilib qabul qilishga yo'l qo'yiladi.

Aytish lozimki, yuqoridagi tavsiyalar qarshiligi nisbatan yuqori bo'lmagan armaturadagina ($R_s \leq 400$ MPa) yaxshi ish beradi. Shu bilan birga, qator hollarda o'ta mustahkam sterjenli va simli armaturalardan siqilgan armatura sifatida samarali qo'llashning real imkoniyati mavjud. σ - ϵ siqilgan beton diagrammasida quyilashgan uchastka borligi ham shundan darak berib, uni hisobga olgan holda betonning qarshilik deformatsiyalari maksimal kuchlanish (zo'riqish)lar R_b ga muvofiq qiymatlardan bir yarim, ikki barobar (ba'zan bundan ham ko'proq) ortib ketishi mumkin. Quyilashib borayotgan uchastkada betondagi kuchlanishlarning tushishi (pasayishi), o'ta mustahkam armaturadan foydalanilganida, ko'rsatilgan armaturadagi kuchlanishlar jadal tarzda ortishi bilan kuzatilib (ya'ni beton va armatura orasidagi zo'ri-

qishlarni qayta taqsimlash bilan), bu uning qarshiligi butkul tugaguniga qadar davom etadi.

Armatura po'latlarining sinfiga, shuningdek elastiklik modullari qiymatlariga bog'liq bo'lgan hisobiy qarshiliklari QMQ 2.03.01-97 da keltirilgan. Konstruksion materiallar mustahkamligi, odatda, normal qonunga bo'ysunadi. Me'yoriy mustahkamlik ko'pincha $P=0,95$, ya'ni ($R_H = \bar{R} - 1.65\sigma_R$) ta'minlanganlik bilan, hisobiy mustahkamlik esa — $0,9986$ ta'minlanganlik bilan qabul qilinadi, ya'ni ($R_{pacu.} = \bar{R} - 3\sigma_R$). Variatsiya koeffitsiyentlari quyidagicha: po'lat uchun — $0,03...0,05$; beton uchun — $0,10...0,15$.

Misol uchun A-I (po'lat 3) sinfli ko'prik po'latining o'q bo'ylab cho'zilishga hisobiy qarshiligini aniqlab olaylik. Ushbu po'latning o'rtacha oquvchanlik chegarasi — $R_m \approx 275$ MPa, variatsiya koeffitsiyenti $v \approx 0,045$. Ish sharoiti koeffitsiyenti $m=0,9$ ni hisobga olib, quyidagiga ega bo'lamiz:

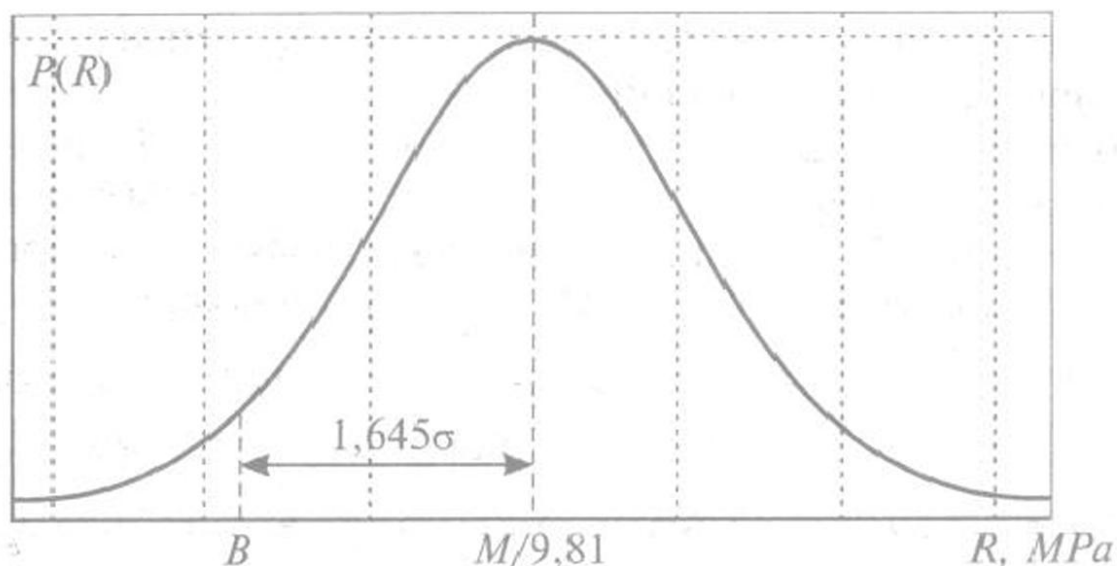
$$R = 0,9 \cdot 275 \cdot (1 - 0,045 \cdot 3) = 214 \approx 215 \text{ kN}.$$

Ko'priklar va quvurlarni loyihalashtirish bo'yicha QMQ 2.05.03-84 da A-I sinfli po'lat uchun hisobiy qarshilikning aynan ana shu qiymati keltirilgan.

4.2. Marka, sinf va betonning siqilishga hisobiy qarshiligi orasidagi nisbat

So'nggi vaqtga qadar beton mustahkamligi uning markasi orqali ifodalanar edi. Beton markasi — bu kgs/sm² larda ifodalangan siqilishga nisbatan o'rtacha mustahkamlik (pishiqlik) bo'lib, u «qirra» o'lchami 15 sm ga teng bo'lgan kubli namunalar sinovi natijasida olinadi. Bukilishga ishlaydigan ko'prik konstruksiyalari uchun M300, M400, M500 markalari, siqilish va markazdan tashqari siqilishga ishlaydigan beton uchun M500 va M600 markalari olingan.

Amaldagi mahalliy va Yevropa me'yorlarida beton mustahkamligi sinflar bilan tavsiflanadi. **Beton sinfi** — betonning $0,95$ ta'minlanganlik darajasida siqilishga bo'lgan kubik mustahkamligi.



4.2-rasm. Beton markasi va sinfi orasidagi nisbat.

Betonning M markasi (kgs/sm^2) va B sinfi (MPa) orasidagi nisbat mazkur formula bilan ifodalanadi:

$$B = M \cdot (1 - 1,645 \cdot v) / g, \quad (4.6)$$

bu yerda 1,645 — σ standartlarda ifodalanilgan 0,95 ta'minlanganlikka mos keladigan o'rtacha qiymatdan og'ishuv; v — beton mustahkamligining variatsiya koeffitsiyenti; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ — erkin tushish tezlashishi. Ushbu nisbat shuningdek 4.2-rasmda ham namoyish etilgan (11).

Loyiha, smeta va boshqa dastlabki hisob-kitoblarda, masalan, sement sarfini aniqlash hisob-kitoblarida beton mustahkamligi variatsiyasi koeffitsiyenti mamlakat bo'yicha o'rtacha qiymatdan kelib chiqib, $v = 0,135$ ga teng deb qabul qilinadi.

Bu holda

$$B \approx 0,08 M \quad (4.7)$$

kelib chiqadi.

Biroq, betonning kubik mustahkamligi va uning konstruksiya tarkibidagi mustahkamligi chegaraviy bog'lanishlar va ish sharoitidagi farqlar tufayli jiddiy farqlanadi. Ulardan ikkinchisi, ayniqsa egilishda, prizmalı mustahkamlikka juda yaqin. R_b prizmalı mustahkamlik va beton sinfi orasidagi tajribalar yordamida aniqlangan bog'liqlik quyidagi ko'rinishga ega:

$$R_{pr} = (0,77 - 0,001) \cdot B. \quad (4.8)$$

Masalan, betonning ko'priksizlikda eng ko'p qo'llaniladigan B30 va B40 sinflari uchun prizma mustahkamligining tegishli qiymatlari $R_b = 0,74 B$ va $R_b = 0,73 B$ ga teng.

Yuqorida qayd etilganidek, **betonning siqilishga hisobiy qarshiligi** mustahkamlik o'rtacha qiymatidan uch standart kamayish tarafiga og'ishiga muvofiq keladi. Bundan beton uchun ishonchlilik koeffitsiyentini olishimiz mumkin:

$$\gamma_b = R_{pr}/R = (1 - 0,135 \cdot 1,645)/(1 - 0,135 \cdot 3) = 0,78/0,595 = 1,31.$$

Me'yorlarda beton uchun ishonchlilik koeffitsiyenti $\gamma_b = 1,3$ ga teng deb olingan.

Shunday qilib, ko'priks betonlari uchun ish sharoitlari koeffitsiyenti $\gamma = 0,9$ ni hisobga olgan holda betonning siqilishga hisobiy qarshiliklari sinfiga bog'liq ravishda quyidagi tarzda tayinlanadi:

$$R = (0,73B / 1,3) \cdot 0,9 \approx 0,5 B. \quad (4.9)$$

Haqiqatda, QMQ 2.05.03-97 da B40 beton sinfiga siqilishga nisbatan 20 MPa hisobiy qarshilik muvofiq keladi.

4.3. Ish sharoitlari koeffitsiyentlari va boshqa xususiy koeffitsiyentlar

Materiallar, konstruksiya elementlari, ularning birikmalari, shuningdek konstruksiyalar, boshqa transport inshootlari haqiqiy ishining tizimli ko'rinishdagi, ammo hisob-kitobda bevosita aks ettirilmaydigan yoki maqbul analitik bayoniga ega bo'lmagan xususiyatlari *ish sharoitlari koeffitsiyenti* γ_a orqali hisobga olinadi. γ_a koeffitsiyentining sonli qiymatlari QMQ ning tegishli boblarida, materiallar va konstruksiyalarning foydalanish va qurilish sharoitlarida haqiqiy ishlashiga oid tajriba ma'lumotlari va nazariy materiallar asosida belgilanadi. U hisobiy modelni soddalashtirish maqsadida to'g'ridan-to'g'ri hisobga olinmaydigan omillarni aks ettiradi. Aksariyat hollarda, normal ish sharoitida $\gamma_s = 1$ koeffitsiyenti tushirib qoldirilishi ham mumkin.

Chegaraviy holatlarning birinchi guruhi uchun materiallarning hisobiy qarshiliklari ular to'g'ridan-to'g'ri yo'l bilan hisobga olinmaydigan ko'plab hollarda konstruksiyalarning chegaraviy holatga o'tishiga ta'sir ko'rsatadigan maqbul va noxush omillarni hisobga oladigan ish sharoitlari koeffitsiyentlariga ko'paytirish orqali pasaytiriladi yoki yuksaltiriladi. Ana shunday omillar qatoriga materiallar va konstruksiyalar ishining quyidagi kabi noxush xususiyatlari ($\gamma_s < 1$) kirib, ular: elementlar ulanmalari ish sharoitlari, hisobiy sxemalar shart-sharoitlarning shartlilikligi va yaqinlilikligi, atrof-muhitning tajovuzkorligi, haroratning noxush ta'siri, tayanchlarning ta'sirchanligi, tashish shart-sharoitlari, konstruksiyalarni tayyorlash usullari, yuklarning amal qilish xarakteri, ta'sirning davomiyligi va ko'p marotaba takrorlanishi, shuningdek plastik deformatsiyalarning rivojlanishidagi kuchlarning qayta taqsimlanishi va boshqa tasodifiy bo'lmagan, statik va dinamik hisob bilan e'tiborga olinmaydigan maqbul omillar ($\gamma_s > 1$).

Ma'lumki, betonning horg'inlik mustahkamligi sikl asimmetriyasi koeffitsiyenti, beton turi va uning namlik holatiga bog'liq. Bularning bari beton hisobiy qarshiliklarini *ish sharoitlari koeffitsiyenti* γ_a ga ko'paytirish orqali hisobga olinadi. Shu bilan birga, doimiy yuk ta'sirida beton uning qisqa muddatli mustahkamligidan ancha kichik zo'riqish (kuchlanish)larda ham sinishi mumkinligi ma'lum. Bu shuni anglatadiki, agar biz doimiy yukning ta'sirini hisobga olmaganimizda ko'ra-bila turib teng ravishda ishonchlilikka ega bo'lmagan konstruksiyalarni loyihalagan bo'lar edik: ular o'lchamlarini belgilaydigan yuk faqat qisqa muddat davomida amal qilganida (maksimal yukli kran o'tishi, o'ta kuchli shamol va h.k.) nisbatan ishonchli va to'liq yuk uzoq muddat amal qilganida (sovutgich, omborxona, hujjatxona ustunlari va h.k.) kam ishonchliroq ishlar edi. Ushbu omil hisobiy qarshiliklar R_b va R_{br} ni ish sharoitlari koeffitsiyenti γ_{b2} ga ko'paytirish bilan hisobga olinadi.

Ichki nuqsonlarning (kavaklar va h.k.) kichik ko'ndalang kesimli monolit ustun (kolonna)lar mustahkamligiga katta ta'siri γ_{b5} koeffitsiyenti, beton aralashmasi qatlamlanishining vertikal

holda qalin beton qatlami yordamida betonlangan sharoitdagi konstruksiyalarning mustahkamligiga ta'siri esa γ_{b3} koeffitsiyenti yordamida hisobga olinadi.

Navbatma-navbat muzlash va erishning beton mustahkamligiga noxush ta'siri uning turi, havo harorati va konstruksiyadan foydalanish shart-sharoitlariga bog'liq ravishda γ_{b6} koeffitsiyenti orqali aks ettirilsa, quyosh radiatsiyasi — γ_{b7} koeffitsiyenti bilan belgilanadi.

Konstruksiyaning qiya kesimlari bo'ylab yemirilish momentiga kelib qiya yoriq kesib o'tgan barcha ko'ndalang armatura ham oquvchanlik chegarasiga yetib ulgurmaganligi sababli, undagi zo'riqishlar bir tekisda taqsimlanmaydi.

Bu ish sharoitlari koeffitsiyentini γ_{s1} kiritish bilan hisobga olinadi. Ko'ndalang armaturani payvandlash yordamida bo'ylama armatura bilan ulanmalari qiya yoriq bilan kesishuv joylarida aylanma siljishga, ko'ndalang sterjenlar esa bukilma cho'zilishga ishlab, bu payvand zonasidagi metallning yetarli darajada plastik bo'lmaganida birikmaning mo'rt yemirilishiga olib kelishi mumkin.

Bu hol γ_{s2} koeffitsiyentini kiritish bilan hisobga olinadi. Armatura horg'inlik mustahkamligining sikl asimmetriyasi, sterjenlar profili va armatura po'lati sinfiga bog'liqligi γ_{s2} koeffitsiyenti yordamida, o'ta mustahkam armaturaning shartli oquvchanlik chegarasidan yuqori zo'riqishlardagi ishi esa — po'lat sinfi, kesimning armaturlash darajasi va beton hamda armaturaning mustahkamlik va deformatsiya tavsiflari, hamda uning dastlabki zo'riqtirish darajasiga bog'liq bo'lgan γ_{s6} koeffitsiyenti orqali hisobga olinadi.

Zo'riqtiriladigan armaturada zo'riqishlarni uzatish zonasi uzunligida sterjenlar uchlaridagi hamda zo'riqtirilmaydigan ankersiz armaturada ankerlash zonasi uzunligida hisobiy qarshilikning pasayishi o'zgaruvchan, ushbu zonalar uzunligi bo'ylab chiziqli o'zgaradigan γ_{s5} koeffitsiyentini kiritish orqali hisobga olinadi. Ish sharoitlarining yana qator boshqa koeffitsiyentlari ham mavjud bo'lib, ular yig'ma elementlar ulanmalaridagi ulanayotgan elementlar chekkalari chokning ko'ndalang kengayishiga ko'rsatayotgan qarshiligini, ikki o'qli kuchlanganlik holatning

beton mustahkamligiga ta'sirini, mexanik va elektromexanik taranglashda armatura xossalari o'zgarishini, armaturaning yacheykali va yengil betondan yasalgan elementlardagi ishi xususiyatlarini hisobga oladilar va h.k.

Ish sharoitlarining raqamli qiymatlari QMQ 2.03.01-97 da keltirilgan. Materiallarning chegaraviy holatlarning ikkinchi guruhi uchun hisobiy qarshiliklari hisob-kitobga (kamdan-kam hollardan tashqari) birga teng bo'lgan ish sharoitlari koeffitsiyenti bilan kiritiladi. Geometrik tavsiflarning (konstruksiya elementlari o'lchamlari, ularning bir-biriga nisbatan joylashuvi, boshlang'ich egilishlar va h.k.) ehtimoliy og'ishuvlarini *aniqlik koeffitsiyenti* γ_a hisobga oladi. Uning hisobiy qiymatini olish uchun geometrik tavsifning me'yoriy qiymatini unga ko'paytirish talab etiladi.

Biroq, aksariyat hollarda o'rniga qo'shimcha qo'shiluvchini qo'llab, u me'yoriy qiymatga qo'shib, xususiy anqlik koeffitsiyentining vazifasini bajaradi. Ba'zi hollarda geometrik o'lchamlar og'ishuvini material bo'yicha ishonchlilik koeffitsiyenti bilan hisobga olinadi (metall konstruksiyalar uchun γ_a tayinlashda prokatlash chegaralari).

Anqlik koeffitsiyenti va qo'shimcha tarkibiy qismlar qiymatlari qurilish konstruksiyalarini tayyorlash va montaj qilish sharoitlarini chegaraviy me'yorlash va sifat nazorati qoidalarini hisobga olgan holda, shuningdek tegishli geometrik tavsifning statistika o'zgaruvchanligini tahlil etish bilan aniqlanadi.

Agar qulaylik va keyingi hisob-kitoblarni soddalashtirish uchun, (4.5) formulaning o'ng qismiga vaqtincha γ_s va γ_p koeffitsiyentlari kiritilsa, u quyidagi ko'rinish oladi:

$$R = R_n \gamma_c / (\gamma_m \gamma_n). \quad (4.10)$$

γ_p , γ_m , γ_c va γ_n koeffitsiyentlarining birikmalari har bir muayyan holatda zaxira koeffitsiyentini belgilab, u shu tarzda shifri yechilgan va qismlarga ajratilgan bo'lib chiqadi. Zaxira koeffitsiyentining istalgan tarafi yuklar rejimi, materiallar xossalari o'rganish, turli konstruksiyalar, inshootlar va ularning elementlari ishi xususiyatlarini qiyoslash va ishonchliligini tabaqalashtirish yordamida belgilanishi va muvofiqlashtirishi mumkin. Bu bilan hisob-kitob

uslubiyotini ilmiy asosda doimiy takomillashtirib borish uchun sharoit yaratiladi. Element, konstruksiya yoki inshootdan foydalanish imkoniyatini ta'minlashning asosiy sharti — foydalanish davrida tushishi mumkin bo'lgan kuch materialning ehtimoliy minimal qarshiligiga muvofiq qiymatdan ortmasligi talabining bajarilishidan iborat:

$$N_{\max} < F_{\min} \quad (4.11)$$

Bunda hisobiy yuk turli ishonchlik koeffitsiyentlariga ega bo'lgan bir necha turdagi yuklarning yig'indisi bo'lsin:

$$F = F_{1n}\gamma_{f1} + F_{2n}\gamma_{f2} + F_{3n}\gamma_{f3} + \dots = \sum F_{in}\gamma_{fi} \quad (4.12)$$

U holda o'q cho'zilishi (siqilishi)ga ishlayotgan brus uchun (4.12) shart quyidagi ko'rinishda taqdim etilishi mumkin:

$$\sum N_{in}\gamma_{fi} \leq R_n [\gamma_s/(\gamma_m\gamma_n)]A_{\text{net}} \quad (4.13)$$

bu yerda N_{in} — tegishli yukning F_{in} me'yoriy qiymatidan sodir bo'lgan kuch.

Bundan (4.5) va (4.12) ifodalarga muvofiq

$$N \leq RA_{\text{net}} \quad (4.14)$$

QMQ (1955-y.) birinchi tahririda qabul qilingan dastlabki qayd shakli materiallar qarshiligi masalalarini hal qilish uchun noqulay bo'lib, bu yerda mustahkamlik hisobi ishchi kuchlanishlarni yo'l qo'yiladigan qiymat bilan qiyoslash tushuniladi. Ikkinchi tahrirda (1962-y.) metall va yog'och konstruksiyalar uchun hisobiy formulalar tuzish yo'l qo'yiladigan kuchlanishlar bo'yicha hisob shakliga yaqinlashtirilib, mustahkamlikni tekshirish maksimal kuchlanishlarni hisobiy qarshilik bilan qiyoslashdan iborat bo'lib qoldi. Ushbu tamoyil QMQ ning so'nggi tahririda ham (1997-y.) saqlanib, faqat uning farqi shundaki, ish sharoitlari koeffitsiyenti γ_s mustaqil qiymat sifatida ajratib chiqarilgan:

$$\sum_{\max} = N/A_{\text{net}} < R\gamma_s \quad (4.15)$$

bu yerda N — to'sin (brus)ning xavfli ko'ndalang kesimidagi hisobiy yuklardan tushadigan bo'ylama kuch, N ; R — material-

ning hisobiy qarshiligi, Pa (MPa). Qolgan belgilar (4.1) formuladagi bilan bir xil.

Chegaraviy tengsizlik (4.14) ning dastlabki qayd etish shakli faqat temirbeton va armotosh konstruksiyalar hisob-kitoblarida saqlanib qolib, ular yuqorida ko'rib chiqilgan misolda ko'rsatilgan sabablarga ko'ra materiallar qarshiligida ko'rib chiqilishi mumkin emas. (4.15) shart yo'l qo'yiladigan kuchlanishlar bo'yicha hisob-kitoblardagi kabi masalalar tiplarini yechish imkonini beradi.

1. *Mustahkamlikni tekshirish* (tekshiruv hisob-kitobi) - bevosita (4.15) formula bo'yicha.

2. *Kesimni tanlash* (loyihaviy hisob-kitob):

$$A \geq N_{\max} / R\gamma_s. \quad (4.16)$$

3. *Foydalanish imkoniyatini aniqlash* (chegaraviy kuch) quyidagi formula bo'yicha bajariladi:

$$N \leq R\gamma_s A_{\text{net}}. \quad (4.16)$$

Yo'l qo'yiladigan hisob-kitob uslubiyoti chegaraviy holatlarni birinchi guruhi bo'yicha hisobning alohida hodisasi deb aytish mumkin. (4.11) tengsizlikni A_{net} yuzaga bo'lib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\sum \sigma_{in} \gamma_{fi} \leq R_n \gamma_c / (\gamma_m \gamma_n), \quad (4.17)$$

bu yerda σ_{in} — me'yoriy yukdan tushadigan kuchlanish F_{in} ,

$$\sum \sigma_{in} \gamma_{fi} = \sigma_{in} \gamma_{f1} + \sigma_{2n} \gamma_{f2} + \sigma_{3n} \gamma_{f3} + \dots \quad (4.17, a)$$

(4.17) tengsizlikda biron-bir yukdan tushadigan kuchlanishni ajratib ko'rsatamiz, masalan F_{1n} :

$$\sigma_{1n} [\gamma_{f1} + (\sigma_{2n} / \sigma_{1n}) \gamma_{f2} + (\sigma_{3n} / \sigma_{1n}) \gamma_{f3} + \dots] \leq R_n \gamma_c / (\gamma_m \gamma_n). \quad (4.18)$$

Kvadrat qavs ichidagi ifodani ajratilgan yukka nisbatan keltirilgan koeffitsiyent γ_{red} sifatida ko'rib chiqib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\sigma_{1n} \gamma_{\text{red}} \leq R_n \gamma_c / (\gamma_m \gamma_n). \quad (4.19)$$

Bundan

$$\sigma_{1n} \leq R_n \gamma_c / (\gamma_{\text{red}} \gamma_m \gamma_n), \quad (4.20)$$

bu yerda: $\gamma_{red} \gamma_m \gamma_n / \gamma_c$ — kuchlanish (zo‘riqish) σ_{in} ning me‘yoriy qarshilikka R_n nisbati. Shunday qilib, ushbu koeffitsiyent nafaqat har bir element yoki konstruksiya uchun, balki har bir yuk uchun ham turlichadir. Agar ishonchlilik koeffitsiyentlari barcha yuklar uchun bir xil deb olinsa: $\gamma_{f1} = \gamma_{f2} = \gamma_{f3} = \dots = \gamma_f$, bu holda (a) tengsizligi quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$\gamma_f \sum \sigma_{in} \leq R_n \gamma_c / (\gamma_m \gamma_n)$$

$$\text{yoki } \sigma = \sum \sigma_{in} \leq R_n \gamma_c / (\gamma / \gamma_m \gamma_n). \quad (4.21)$$

$\gamma / \gamma_m \gamma_n / \gamma_c = K$ qiymati umumiy, barcha yuklar uchun bir xil zaxira koeffitsiyentidan iborat bo‘lib, me‘yoriy qarshilik (chegaraviy kuchlanish)ni umumiy zaxira koeffitsiyentiga bo‘lishdan olinadigan xususiy bo‘lak — ruxsat etiladigan kuchlanish. Demak, $\sigma \leq R_n / K = \sigma_{lim} / K = [\sigma]$, ya‘ni ruxsat etiladigan kuchlanishlar bo‘yicha hisob-kitob uslubiyoti ishonchlilik koeffitsiyentlari barcha yuklar uchun bir xil bo‘lgan chegaraviy holatlarning birinchi guruhi uchun xususiy holdir.

4-misol. Chegaraviy holat hisob-kitobidan kelib chiqib, yuqorida ko‘rib chiqilgan misoldagi temirbeton kolonna armaturasining kesimi tanlanadi. Me‘yoriy yuk F_{in} ishonchlilik koeffitsiyenti $\gamma_{f1} = 1,1$ bo‘lgan doimiy yuk $2/3 F_{in}$ hamda koeffitsiyenti $\gamma_{f2} = 1,4$ bo‘lgan muvaqqat $1/3 F_{in}$ yukdan kelib chiqadi. F_{2n} yuk quyidagi ishonchlilik koeffitsiyentiga ega $\gamma_{f3} = 1,2$. Betonning hisobiy qarshiligi $R_b = 9$ MPa, armaturaniki $R_s = 280$ MPa.

Yechim. Kolonnaning quyi qismiga tushadigan hisobiy kuch $N = 2/3 F_{in} \gamma_{f1} + 1/3 F_{in} \gamma_{f2} + 2 F_{2n} \gamma_{f3} = 2/3 \cdot 300 \cdot 1,1 + 1/3 \cdot 300 \cdot 1,4 + 2 \cdot 600 \cdot 1,2$ kN = 1800 kN. Foydalanish imkoniyati bo‘yicha hisob-kitoblarda chegaraviy holatning umumiy tavsifi amalda sindiruvchi kuch bo‘yicha hisob-kitoblarda qabul qilinganidan farq qilmaydi. Shu sababli hisobiy formula avvalgi misolning chegaraviy muvozanat shartidan mustahkamlik zaxira koeffitsiyentini chiqarib tashlash va N_n , R_{bn} va $R_{sn} = \sigma_Y$ me‘yoriy qiymatlarni hisobiy qiymatlar bilan almashtirish orqali osonlik bilan keltirib chiqarilishi mumkin:

$$N \leq R_b A_b + R_s A_s'' \quad (4.22)$$

Bundan $A_s'' \geq (N - R_b A_b) / R_s = (1800 \cdot 10^3 - 9 \times 10^6 \cdot 0,16) / (280 \cdot 10^6) \text{ m}^2 = 12,9 \cdot 10^{-4} = 12,9 \text{ sm}^2$.

4Ø22 A-IIs $A_s'' = 3,14 \cdot 2,22 \text{ sm}^2 = 15,2 \text{ sm}^2 > 12,9 \text{ sm}^2$ deb qabul qilamiz. Sindiruvchi yuklar bo'yicha hisob-kitobga po'latning nazariy tejalishi:

$$\Delta A_s = [(A_s' - A_s'') / A_s'] \cdot 100 = [(23,1 - 12,9) / 23,1] \cdot 100\% = 44\%.$$

Yo'l qo'yiladigan kuchlanishlar bo'yicha $\Delta A_s = [(A_s - A_s'') / A_s] 100 = [(27,5 - 12,9) / 27,5] 100\% = 53\%$.

4.4. Xorijiy me'yorlar bo'yicha temirbeton ko'priklarni konstruksiyalarini loyihalashning o'ziga xos xususiyatlari

AQSh, Buyuk Britaniya, Xitoy va boshqa mamlakatlardagi ko'priklar (asosan temirbeton to'sinli oldindan zo'riqtirilgan oraliq qurilmalar)ni loyihalash bo'yicha chet el me'yorlari va amaliyotining tahlili shuni ko'rsatdiki, ushbu mamlakatlar me'yorlarida materiallarning birga ishlash samarasi foydalanish yuklari ostidagi hisob-kitoblarda hisobga olinadi. Me'yorlarda belgilangan hisobiy qarshiliklarni tahlil qilish natijasida shunday xulosa kelib chiqadi: hisobiy yuklar darajasi bizning me'yoriy yuklarga bir muncha yaqin ekanligiga qaramay (ta'sir chiziqlarining yuk tushirilayotgan uchastkalari 25 m dan kichik bo'lganida), ularning qiymatlari bizni me'yorlardagi tegishli tavsiflardan ancha yuqori. Misol tariqasida 4.1 va 4.2-jadvallarda B40 sinfli beton hamda g'arbiy me'yorlarga ko'ra unga yaqin betonlarning me'yoriy va hisobiy qarshiliklari qiyoslashtiriladi. Shuningdek bizning me'yorlardagi o'ta mustahkam V-II d = 5 mm tipidagi simning tegishli qarshiliklari ham keltiriladi. Ko'rsatilgan shart-sharoitlar, hamda bizning me'yorlardagiga nisbatan armaturaning dastlabki siqilishi va taranglashuvi darajasini balandroq bo'lishiga yo'l qo'yilishi

bilan g'arb mamlakatlarining temirbeton konstruksiyalarida avvaldan zo'riqtirilgan armatura kamroq sarflanishini izohlash mumkin.

Jadval 4.1

Davlatlar me'yorlari	QMQ 2.03.04- 97	QMQ 2.05.03- 97	Buyuk Britaniya	XXR ⁴⁾	AQSh ⁴⁾
Ko'rsatkichlar	Mustahkamlikning belgilanishi				
	B 40	B 40	M50 ¹⁾	M49 ¹⁾	$f_c' = 432^{2)}$
O'q bo'ylab siqilish Me'yoriy, kg/sm ²	296	266	291	333	—
O'q bo'ylab siqilish Hisobiy, kg/sm ²	224	205	200 ⁵⁾	271	259
O'q bo'ylab cho'zilish	14,3/21,4 ³⁾	13,0/21,5 ³⁾		24,7	12,7

1) 20x20x20 sm li kubning o'rtacha mustahkamligi, MPa.

2) QMQ 2.05.03-97 bo'yicha beton sinfi B40 ga mos keladigan silindrik namunalarning o'rtacha mustahkamligi, kg/sm².

3) Suratida — chegaraviy holatning birinchi guruhi bo'yicha, mahrajida esa chegaraviy holatning ikkinchi guruhi bo'yicha.

4) Avtomobil ko'priklari me'yorlari bo'yicha.

5) Shartli miqdorlar — egiladigan to'sin kesimining butun siqilgan yarmi bo'ylab chegaraviy holatdagi o'rtacha mustahkamlik (BS 5400 me'yorlar).

Jadval 4.2

Davlatlar me'yorlari / Ko'rsatkichlar	QMQ 2.03.04- 97	QMQ 2.05.03- 97	Buyuk Britaniya	XXR ²⁾	AQSh ²⁾
Vaqtinchalik qarshilik	17000	17000	16500	16300	16500
Shartli oquvchanlik chegarasi (deformatsiyaning 0,2%)	14285	14285	$f_{pu}^{3)}$ (14900)	—	$f_g^{3)}$ (15000)
Me'yoriy qarshilik	13600	12800	13400	13060	—
Hisobiy qarshilik	11300	10100	$0,8f_{pu}$	11300	$0,8f_g$
Oldindan berilgan (dastlabki) kuchlanish, nazorat qilinadigani	12450	11100	—	—	$0,95f_g$

1) Jadvalda B-II tipidagi, $d = 5$ mm li sim uchun ma'lumotlar keltirilgan.

2) XXR va AQSh ma'lumotlari faqat avtomobil ko'priklari uchun.

3) f_{pu} va f_g — tegishli standartlar bo'yicha mustahkamlikning tavsifiy qiymatlari ($u = 0,95$).

O'ta mustahkam po'lat Amerika avtomobil ko'priklarining tavrli va qutisimon to'sinlarida shu kabi mahalliy konstruksiyalarga nisbatan 1,5...2 barobar kam ishlatiladi (4.3-jadv.). Qatnov qismi plitalarida, aksincha, mahalliy konstruksiyalarga nisbatan ancha ko'p armatura qo'llanadi. AQSh me'yorlariga ko'ra bizdagi mustahkamlik hisob-kitobiga o'xshash (mazmuni va yuklar darajasiga ko'ra) hisob-kitob elastik tizimlar materiallarining nomarkaziy siqilishga qarshilik formulalariga binoan bajarilishi lozim.

Jadval 4.3

Rossiya konstruksiyalari			AQSh konstruksiyalari		
Kesim tiplari	Oraliqlar, m	Armatura, kg/m ²	Kesim tiplari	Oraliqlar, m	Armatura, kg/m ²
	15,0	12,0	Plitali, qutisimon va osti kengaygan qovurg'ali	15,25(50)	4,6–5,6
	24,0	16,0		22,9(75)	7,5–8,5
	33,6	21,0		30,5(100)	10,4–11,8
				38,2(125)	14,6–16,0

Ushbu tavsiya tahlilidan faqat bir xulosa chiqarish mumkin - hatto favqulodda darajadagi foydalanish yuklari ostida ham hech qachon chegaraviy muvozanat modeli amalga oshirilishi mumkin emasligi shak-shubhasiz fakt sifatida e'tirof etildi. Biroq Buyuk Britaniya va AQSh me'yorlarida konstruksiya kesimlarining chegaraviy ko'tarish qobiliyatiga baho berish tavsiya etiladi va shu bilan birga, bunday tekshiruv armatura va beton uchun alohida o'tkazilishi kerakligi qayd etiladi. Armatura va beton bo'yicha sinish oldidan kritik holatlar "birgalikdagi" ish sharoitining hamda ushbu materiallar statistika xossalari turlichaligi tufayli hech qachon bir vaqtda yuzaga kelishi mumkin emasligini hisobga olgan holda bo'lsa kerak.

Bunda Buyuk Britaniya me'yorlarida (BS 5400) chegaraviy momentni baholashda «oxirgi» chegaraviy holatdagi to'g'ri to'rtburchak kesimli beton siqilgan zonasi balandligini to'sinning 0,5 m gacha bo'lgan to'liq balandligiga qadar qo'llashga ruxsat etiladi. AQSh me'yorlarida temirbeton konstruksiyani shunday loyihalash tavsiya etiladiki, bunda chegaraviy yukka erishilganida armatura plastik holatda bo'lsin. Bir vaqtning o'zida qatnov qismi plitalarini loyihalashga qo'yiladigan talablar jiddiy qat'iylashgan (bizning me'yorlarga nisbatan) (plitaning minimal qalinligi 18...20 sm kattalik bilan cheklanib, armatura va betonning hisobiy qarshiliklari ancha kamaytirilgan, plitalar betoni sifatiga aniq talablar qo'yilgan) (4.4-jadv.).

Jadval 4.4

Oldindan zo'riqish turlari	Yoriqlarning chegaraviy eni, δ (mm)	Ruhsat etilgan cho'zilish σ_{bt} (kg/sm ²)		
		Beton sinfi		
		B30	B40	$\geq B50$
Tayanchlarda	0,1	—	41	48
	0,15	—	45	53
	0,25	—	55	68
Betonad tishlashishi bilan (kanallarini inyeksiyalash bilan)	0,1	—	41	48
	0,15	35	45	53
	0,25	41	55	63
Tayanchlarda, ammo cho'zilgan qirra yaqinida joylashganida (aralashma armaturalash)	0,1	—	53	63
	0,15	—	58	68
	0,25	—	68	78

1. Ochilish darajasi $\delta = 0,25$ mm bo'lgan yoriqlar faqat dengiz suvining bevosita singib borishi va tuzlar ta'siridan himoyalangan mo'tadil iqlim hududlari uchun; tuzlar ta'siri bo'lmagan og'ir sharoitlarda, $\delta = 0,15$ mm; $\delta = 0,10$ mm — favqulodda sharoitlar uchun (harorat, namlik sharoitlari va tuzlar ta'siri).

2) 4-jadval temir va avtomobil yo'llari uchun umumiy bo'lgan Britaniyaning BS 5400 R.4 me'yorlaridan olingan.

3) Kuchlanishlar balandligi 20,0 sm ga qadar bo'lgan kesim uchun berilgan; balandlik kattaroq bo'lganida $m = 0,7...0,8$ ga qadar koeffitsiyent kiritiladi.

4) BS 5400 me'yori bo'yicha beton markasi deganda, 28 kunlik $15 \times 15 \times 15$ sm li kublarning N mm² lardagi o'rtacha mustahkamligi tushuniladi.

G'arbiy mamlakatlar me'yorlarida konstruksiya betonida yoriqlar hosil bo'lishini hisobiy nazorat qilishga jiddiy ahamiyat beriladi. Deyarli barcha yerda «qisman (optimal) siqish» nomini olgan tamoyil fanning yirik yutug'i sifatida e'tirof etilgan. Xususan, Buyuk Britaniya va XXR da yoriqlar hosil bo'lishi betonning yo'l qo'yiladigan shartli cho'zilishi bo'yicha nazorat qilinadi (4.4-jadv.). Ushbu hisob-kitob, odatda, iqtisodiy jihatdan mas'uliyatli bo'lib, u armaturani avvaldan taranglashtirishning zarur darajasini, ko'pincha uning miqdorini ham belgilab beradi. Barcha g'arb mamlakatlar me'yorlarida yoriqbardoshlik chegaraviy holat sifatida me'yorlashtirilmaydi.

Faqat armatura chirishi nuqtai nazaridan xavfli yoriqlar ochilishi, bunda beton va armatura o'rtasidagi kuchlanishlar qayta taqsimlanishi ham nazorat qilinadi. Yoriqbardoshlikka hisoblashning iqtisodiy javobgarligiga jiddiy e'tibor beriladi: shartli cho'zuvchi kuchlanish (zo'riqish)larning 40...50 kg/sm² bo'lishiga yo'l qo'yilishi konstruksiyadan 10...20% ga qadar o'ramli armaturani kamaytirish va armaturaning ortiqcha siqilish va taranglatish darajasini 40...50% ga qadar pasaytirish imkonini beradi. Bunda ko'ndalang yoriqlarga chidamlilik belgisiga ko'ra ancha yuqori darajada saqlanib ($U_i = 0,9...0,98$), shu vaqtning o'zida quyi, dastlab siqilgan belbog'larning bo'ylama yoriqlarga chidamliligi belgilari bo'yicha ishonchliligi yuqori darajada saqlanib qoladi.

Buyuk Britaniya loyihalash me'yorlarida beton sifati — beton markasini ishonchli va majburiy ta'minlashga alohida e'tibor qaratiladi. Ushbu talablar (sement, V/S, betonni tayyorlash texnologiyasi va boshqalar bo'yicha) maxsus ikki qismdan (o'ntadan) iborat bo'lgan BS 5400 me'yorlarda bayon etilgan. Ushbu me'yorlar texnologiya talablarining mas'uliyati hisobiy ishonchlilikning barcha boshqa talablari kabi o'ta yuqori hisoblanadi.

Biz keltirgan temirbeton, asosan avvaldan zo'riqtirilgan egiluvchi ko'prik konstruksiyalariga qo'yiladigan me'yoriy talablarning prinsipial qoidalarini anchayin to'liq bo'lmagan tahlili bizning me'yorlar hamda g'arb mamlakatlari me'yorlarida qabul qilingan ko'prik inshootlari ishonchliligi darajasini baholash pozitsiyalarini yaqinlashtirish maqsadida amaldagi me'yoriy hujjatlarga o'zgartirishlar kiritish zaruratidan dalolat beradi. Bunday yondashuv g'arb mamlakatlari avtomobil yuklarini bizning yo'llar bo'ylab, va aksincha, bizning yuklarimiz g'arb yo'llarida cheklovsiz va xavfsiz o'tishini ta'minlash imkonini beradi.

Taqdim etilgan takliflar batafsil muhokama qilishni talab etadi. Ularni ishonchli tarzda ehtimoliy-statistika jihatidan asoslagan holda amalga oshirish ishonchlilik, texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarni ko'tarish, oqibatda, temirbeton ko'prik konstruksiyalarining boshqa material (po'lat va po'lat-temirbeton)lardan tayyorlangan konstruksiyalarga nisbatan raqobatbardoshligini oshirish imkonini beradi. Quyida muhim strategik va texnik-iqtisodiy ahamiyatga ega bo'lgan muammoli takliflarni keltirib o'tamiz.

1. Armatura va betonning me'yorlashtiriladigan hisobiy qarshiliklariga o'zgartirishlar kiritish va ularni bashoratlanayotgan chegaraviy holatlarga qarshi me'yorlashtirilgan ishonchlilik darajalariga bog'lash.

2. Foydalanish bosqichida temirbeton konstruksiyalarni uch daraja yuk ostida hisobiy nazorat qilishga o'tish: doimiy, doimiy va ko'p marotaba qaytariladigan (ishchi) hamda favqulodda yuklar bilan.

3. Qatnov qismi plitalarini loyihalashni (hisob-kitob va konstruksiyalash) tubdan qayta ko'rib chiqish va qatnov qismi plitalarining ishonchliligi va uzoq muddat xizmat qilish darajasini ko'prik to'sinli konstruksiyalarning boshqa elementlari (qovurg'a-devorlar, belbog'lar, asosiy ishchi armatura)ga yaqinlashtirish (tenglashtirish) maqsadida plita materiali, konstruksiyasi va uni shakllantirish texnologiyasiga talablarni qat'iylashtirish.

Bayon etilgan takliflar mamlakat iqtisodiyoti uchun nisbatan yengil tarzda «xalqaro ko'prik xo'jaligiga kirish» istiqbollari

belgilab, uning bo'lg'usi standartlari ro'yxatida «Yevrokod» ishlanmalari tobora aniq, real ko'rinish olib bormoqda.

Bu yerda temirbeton ko'priklari konstruksiyalari ishonchliligining loyihalash me'yorlari hamda ulardan foydalanish bilan bog'liq bo'lgan faqat bitta jihati ko'rib chiqilgan. Ushbu konstruksiyalar ishonchliligi va uzoq muddat xizmat qilishiga oid boshqa muhim muammolarning tahlilini amalga oshirish zarur. Ular orasida, dastavval, foydalanishdagi konstruksiyalarning jismoniy holati va materiallar vaqt o'tishi bilan yedirilishi (eskirishi)ning bashoratini hisobga olgan ehtimoliy qo'yilishidagi resurs (xizmat muddati)ning bevosita hisobiy baholari bor.

ME'YORIY XIZMAT MUDDATLARI VA VAQTINCHALIK YUKLAR QIYMATINI OPTIMALLASHTIRISH

Ko'prik hisobi uchun xizmat muddati va muvaqqat yuk me'yoriy muddatlarini *optimallashtirish mezonini* bo'lib *inshootlar to'liq qiymatining minimumi* C xizmat qilib, u qurilishga boshlang'ich xarajatlar C_0 ni, hamda foydalanish davrida yemirilgan konstruksiyalarni tiklash yoki almashtirishga sarf qilingan vaqt bo'yicha keltirilgan xarajatlarni ham o'z ichiga oladi. Inshootning xizmat qilish muddati qancha katta bo'lsa, uning tobora kapitallashuvi ayon. Bunda boshlang'ich xarajatlar C_0 ortib, ta'mirlash xarajatlari C_T esa kamayib boradi.

Shuningdek vaqt o'tishi bilan foydalanish jarayonida ularda shikastlanishlar ko'payishi tufayli ko'priklarga tushadigan yuklar ortib, konstruksiyalarning yuk ko'tarish qobiliyati kamayishini ham hisobga olish lozim. Shunday qilib, C_0 va S_f , demak, to'liq qiymat S ham xizmat muddati T ning funksiyalari bo'lib, quyidagicha ifodalanishi mumkin:

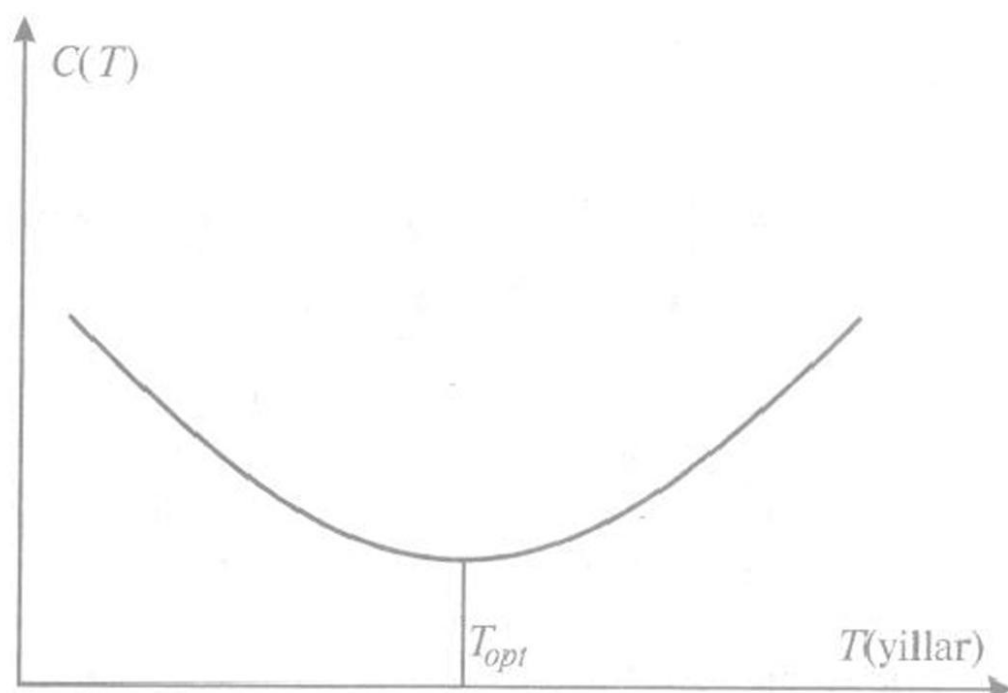
$$C(T) = C_0(T) + C_T(T). \quad (5.1)$$

Optimallashtirish amaliyotini ikki bosqichda o'tkazish maqsadga muvofiq.

Birinchi bosqichda konstruksiyaning *ma'naviy eskirishidan* kelib chiqib, xizmat muddati T aniqlanadi. *Ko'prik konstruksiyasining ma'naviy eskirishi* deb, u o'z parametrlari bo'yicha biron-bir iste'mol xossasi (yuk ko'tarish, o'tkazish imkoniyati, harakat xavfsizligi) talablariga javob bera olmay qoladigan holatiga aytiladi.

Xizmat qilishning optimal muddatini aniqlash maqsadida quyidagilarni bajarish shart:

— avtotransport vositalaridan tushadigan yukning vaqtga bog'liq ravishda ortib borishining uzoq muddatli bashoratini tuzish (o'rtacha);



5.1-rasm. To'liq qiymatning me'yoriy xizmat muddatiga bog'liqligi.

- shikastlanishlar oqibatida yuk ko'tarish imkoniyati pasayishi bashoratini tuzish;

- vaqtinchalik va doimiy yuklar ta'sirining nisbatini bilish;

- xarajatlarni vaqtga bog'lab keltirish koeffitsiyenti hisobga olish.

Me'yoriy xizmat muddatlarining turli qiymatlarini saralab, hamda tegishli $C_0(T)$ va $C_T(T)$, demak, $C(T)$ qiymatlarini aniqlab, shu bilan birga $\min C(T)$ va T ning optimal qiymatini topamiz (5.1-rasm).

Shundan so'ng, ikkinchi bosqichda avtotransport vositalaridan tushadigan vaqtinchalik vertikal yuklar me'yorlari optimallashtiriladi. Buning uchun quyidagi boshlang'ich ma'lumotlar tayyorlab qo'yilishi lozim:

- ko'prik xo'jaligining hisobiy sxemalari, oraliqlar va materiallar bo'yicha tuzilmasi;

- ushbu momentdagi ko'prik ustidan avtomobil harakatining statistika tuzilmasi va uzoqroq T istiqbolli bashorati, shu jumladan yuk orilgan og'ir vaznli avtotransport vositalari massalari va o'qqa tushadigan yuklar;

- me'yoriy avtomobil yuki sxemasini tanlash (masalan, AK sxemasi, bu yerda K — yuk sinfi);

— kuch ta'siridagi shikastlanishlarning konstruktiv elementlar yuk ko'tarish qobiliyatini yo'qotishiga ta'sirini baholash.

Konstruktiv elementlarning ishdan chiqish mezonini sifatida **kuch ta'siridagi shikastlanishlarning jamlanish o'lchami (D)** xizmat qiladi:

$$D = \sum_i \frac{n_i}{N_i}, \quad (5.2)$$

bu yerda i — shikastlanish darajasi; n_i — konstruksiya olgan i -darajali shikastlanishlar miqdori; N_i — $D = 1$ shartiga muvofiq keladigan i -darajali shikastlanishlarning chegaraviy miqdori.

Konstruksiya shikastlanish darajasining avtomobil yukining ta'siri bilan aloqadorligi hisobiy tahlil va foydalanish bo'yicha mavjud tajriba asosida belgilanadi. Shikastlanishning u yoki bu darajasiga muvofiq keldadigan yuklanishlar miqdori avtomobil harakati tuzilishini hisobga olib, statistika modeli asosida aniqlanadi. $D = 1$ bo'lganida ko'priklarning qurilmasining konstruksiyasi almashtirilishi kerak deb qabul qilaylik. U holda optimallashtirish sharti quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\min C(K) = C_0(K) + \sum_j C_j(K, t_j), \quad (5.3)$$

bu yerda C — to'liq qiymat, me'yoriy yukning «K» sinfiga bog'liq;
 $C_0(K)$ — boshlang'ich qiymat;

$C_j(K, t_j)$ — t_j momentda oraliq qurilmasini j -almashtirish qiymati. Ushbu almashtirish $D = 1$ sharti bajarilganida amalga oshirilib, uning qiymati xarajatlar uzoqligini hisobga olgan holda olinadi. Yuk sinfini o'zgartirib borib, uning to'liq bahosi minimumiga teng bo'lgan qiymatini topamiz. Ana shu qiymat optimal hisoblanadi.

Ko'priklarga tushadigan avtomobil yuklari sxemalari barcha konstruktiv shakl va oraliqlar uchun yagona bo'lishi talab etilgani tufayli, ularni me'yorlashtirish uchun ko'priklarning xo'jaligining butun tuzilmasini ko'rib chiqish, hamda me'yoriy yuk sinfini tayinlash uchun umumlashtirilgan qaror qabul qilish kerak bo'ladi. Bugunga kelib, tadqiqotlar natijalariga ko'ra me'yoriy avtomobil yuki sifatida A14 yuki qabul qilingan.

KONSTRUKSIYALAR MUSTAHKAMLIK ZAXIRASINING EHTIMOLIY ASOSI

6.1. Chegaraviy tengsizlik

Konstruksiyalarni loyihalashtirish va qurish ular uchun belgilangan muayyan xizmat muddati davomida ulardan ishonchli foydalanishni ta'minlashlari zarur. Bu qurilish obyektlari ulardan foydalanishga to'siq bo'ladigan shikastlanishlarsiz ishlash ehtimoli katta ekanligini anglatadi. Loyihalashda konstruksiya ishonchliligi sharti «chegaraviy tengsizlik» nomini olgan formula yordamida aniqlanadi (16):

$$S \leq F = RA, \quad (6.1)$$

bu yerda S — konstruktiv element (kesim)da yuzaga keladigan kuchlar yoki kuchlanishlar; F — elementning ko'taruvchanlik xususiyati; R — material mustahkamligi; A — element kesimining geometrik tavsifi.

Transport inshootlari, ayniqsa ko'priklar, o'ta murakkab konstruktiv tizimlar hisoblanib, ular turli-tuman ta'sirlarga duch keladigan katta miqdordagi elementlardan tarkib topgan, ya'ni ushbu inshootlarga nisbatan quyidagini yozish mumkin:

$$\{S_i\} \leq \{R_i A_i\}, \quad (6.2)$$

bu yerda i indeksi yuqorida keltirilgan parametrlarning i -elementga oidligini bildiradi.

Mazkur formula eng umumiy ko'rinishda ko'priklarni hisoblash va ularni loyihalashning mohiyatini ko'rsatib beradi. U ko'plab nisbatan sodda tengsizliklarga ajralib,

$$S_i \leq R_i A_i, \quad (6.3)$$

ularning har birida bir tomondan — yuk va ta'sirlar, ikkinchi tomondan — ko'prik elementlarining ko'taruvchanlik xususiyati qiyoslanadi.

Inshootning umumiy ishonchlilik sharti — yuqorida keltirilgan tengsizlikning har bir element uchun bajarilishidan iborat. Bu

ishonchlilikka ko'prik «hayoti»ning barcha bosqichlarida — me'yorlar tuzish, loyiha, qurish va foydalanish jarayonlarida erishiladi. Haqiqatda ham:

- me'yorlar «duel qoidalari» (yuk va qarshiliklar)ni belgilab beradi;

- loyihada konstruksiya o'lchamlari belgilab beriladi;

- qurilish jarayonida loyihadagi o'lcham va qarshiliklar ro'yobga chiqariladi;

- foydalanishda elementning butun mavjudlik davrida (6.2), (6.3) tengsizliklar o'ng qismining chap qismi ustidan ustunligini saqlab turish kerak.

Amalda har bir tengsizlikda uning ikkala qismi tasodifiy, ehtimoliy xarakterga ega. Bu ham yuklar, ham qarshiliklar, ham geometrik parametrlarga tegishli bo'lib, demak, yuqorida keltirilgan tengsizliklar muayyan ehtimollik bilan bajariladi.

Shunday qilib, ko'prik **ishonchliligini** tengsizlikning bajarilish ehtimoli (6.2), xususiy ishonchliliklarni — xususiy tengsizliklardagi **ta'minlanganlik** deb izohlash mumkin (6.3). $\frac{F}{S} \geq 1$ nisbati **zaxira koeffitsiyenti** deb nomlanadi.

Me'yorlar va loyiha hisob-kitoblarida S , R , F qiymatlar determinatsiyalangan kabi kelgani sababli, chegaraviy tengsizlikning ehtimollik mohiyati zaxira koeffitsiyentida jamlanadi.

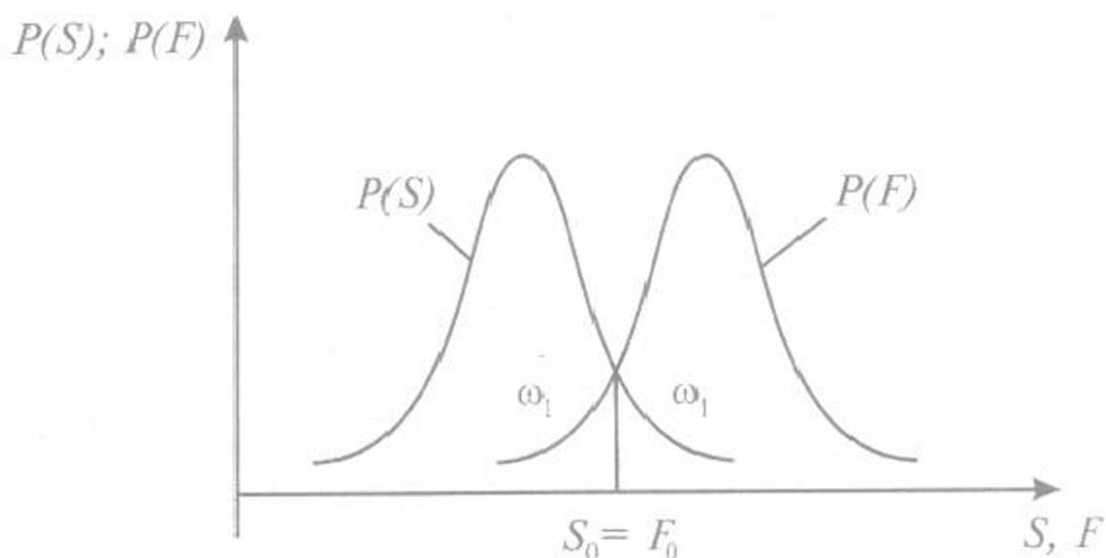
Me'yorlarning statistika mohiyatini tadqiq etish va ular ishonchliligini baholashga bo'lgan dastlabki urinishlar o'tgan asrning 20-yillarida amalga oshirildi (M. Mayer, N.F. Xotsialov). Bu borada A.S. Streletskiy tadqiqotlari eng muvaffaqiyatli chiqdi deb aytish mumkin.

6.2. A. S. Streletskiy bo'yicha sinmaslik kafolati

S ta'sirlar hamda yuk ko'tarish imkoniyati F ning taqsimlanish zichliklarini grafik ko'rinishida ko'rib chiqamiz (6.1-rasm).

$q(S > F)$ ishdan chiqishi ehtimolini quyi chegarasi bo'yicha baholash:

$$q > \omega_1 \cdot \omega_2. \quad (6.4)$$



6.1-rasm. Yuk ta'sirlari va yuk ko'tarish imkoniyatining taqsimlanish zichliklari.

R ishonchliligini quyi chegarasi bo'yicha baholash:

$$P(S \leq F) > (1 - \omega_1) \cdot (1 - \omega_2) = 1 - (\omega_1 + \omega_2) + \omega_1 \cdot \omega_2. \quad (6.5)$$

Bundan ishdan chiqishning ikki tomonlama bahosiga ega bo'lamiz:

$$\omega_1 \omega_2 < q < \omega_1 + \omega_2 - \omega_1 \omega_2. \quad (6.6)$$

Ishdan chiqish ehtimolining quyi bahosini qo'llab, N.S. Streletskiy (26) quyidagi kattalikni kiritdi:

$$K = 1 - \omega_1 \cdot \omega_2, \quad (6.7)$$

va uni **yemirilmaslik kafolati** deb nomladi. O'tgan asrning 30-yillari me'yorlariga ko'ra bu kattalik $K = 1 - (10^{-7} \dots 10^{-8})$ ga teng bo'ldi.

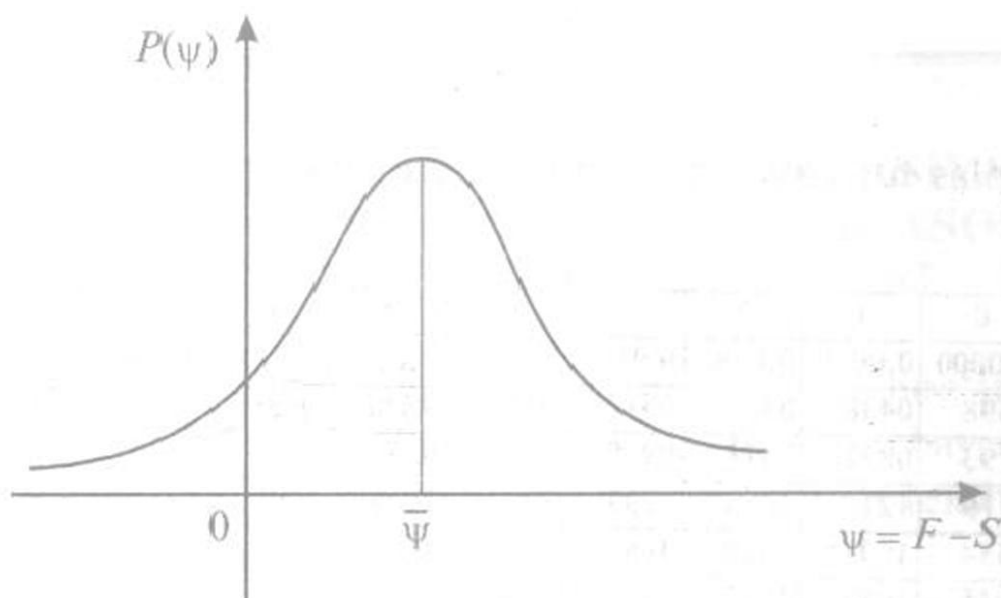
6.3. A.R. Rjanitsin bo'yicha xavfsizlik tavsifi

Mustahkamlik zaxirasini tasodifiy kattaliklarning turliligi ko'rinishida taqdim etish mumkin: S ning muayyan elementga va uning yuk ko'tarish imkoniyatiga ta'siri F (22):

$$\psi = (F - S). \quad (6.8)$$

ψ tasodifiy kattaligining o'rtacha qiymati quyidagiga teng:

$$\bar{\psi} = \bar{F} - \bar{S}; \quad (6.9)$$



6.2-rasm. Mustahkamlik zaxirasi ehtimolligi taqsimlanishining zichligi.

dispersiya

$$D_V = D_F + D_S = \sigma_F^2 + \sigma_S^2, \quad (6.10)$$

bu yerda $\bar{F}$, $\bar{S}$, σ_F ba σ_S — mos ravishda F va S kattaliklarining oʻrtacha qiymatlari va oʻrtacha kvadratik ogʻishlari (standartlari). ψ kattalikning ehtimoliyligi taqsimlanishining zichligi grafigi 6.2-rasmda koʻrsatilgan koʻrinishga ega.

$[0, \psi]$ intervali elementning oʻrtacha yuk koʻtarish imkoniyati unga koʻrsatiladigan oʻrtacha taʼsir qiymatidan ortiqqligini aniqlab beradi. Normal taqsimlanishi uchun uni standartlarda ifodalash qulay boʻlib, bu Laplas funksiyasi jadvallari boʻyicha (6.1-jadv.) element ishonchliligini aniqlash imkonini beradi.

$[0, \psi]$ intervalda joylashadigan standartlar miqdorini A.R. Rjannitsin **xavfsizlik tavsifi** deb nomladi (22):

$$\varphi = \frac{\bar{F} - \bar{S}}{\sqrt{\sigma_F^2 + \sigma_S^2}}. \quad (6.11)$$

φ ning baʼzi qiymatlari va R ishonchlilik kattaliklari orasidagi nisbatlar quyida keltirilgan:

P	0,99	0,95	0,9996	0,9999	$1 \dots 3 \cdot 10^{-6}$	$1 \dots 2 \cdot 10^{-7}$
φ	1,28	1,645	3,0	3,15	4,0	5,0

Laplas funksiyasining qiymatlari $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz$

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
0,2	0793	0832	0871	0910	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0,4	1554	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	1915	1950	1985	2019	2054	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2517	2549
0,7	2580	2611	2642	2673	2703	2734	2764	2794	2823	2852
0,8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	3413	3438	3461	3485	3508	3531	3554	3577	3599	3621
1,1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1,5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1,6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1,8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4761	4767
2,0	4772	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4813	4817
2,1	4821	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2,2	4861	4864	4868	4871	4874	4878	4881	4884	4887	4890
2,3	4893	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2,4	4918	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936
2,5	4938	4940	4941	4943	4945	4946	4948	4949	4951	4952
2,6	4953	4955	4956	4957	4959	4960	4961	4962	4963	4964
2,7	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4972	4973	4974
2,8	4974	4975	4976	4977	4977	4978	4979	4979	4980	4981
2,9	4981	4982	4982	4983	4984	4984	4985	4985	4986	4986
3,0	4986									
3,5	4998									
4,0	4999									

TRANSPORT INSHOOTLARI KONSTRUKSIYALARI ISHONCHLILIGINI HISOBLASHNING ASOSIY KONSEPSIYALARI VA VAZIFALARI

Tizim elementlari ishonchliligining vaqtga bog'liq holda o'zgarishi odatda ba'zi statistika farazlari ko'rinishida bayon etiladi. Bu holda keyinchalik ushbu farazlar tegishli ekspert tekshiruvidan o'tkazilishi nazarda tutiladi.

Ishonchlilik tahlil qilinganida ishdan chiqishlarga olib kelib, ishonchlilik va uzoq muddat xizmat qilishga salbiy ta'sir ko'rsatadigan omillarni batafsil o'rganish maqsadga muvofiq bo'lar edi. Buni nazarda tutib, matematik yoki formal nazariyaga zid ravishda texnik, fizik, tabiiy-iqlimiy kabi ishonchlilik nazariyalari to'g'risida so'z yuritish mumkin bo'lar edi. Biroq, bunday ziddiyat ma'noga ega emas, chunki ishonchlilik nazariyasi tarkibiga fizik, kimyoviy, mexanik va boshqa jihatlarni qo'shish uning tushunchalari, usullari va qo'llanish sohalarining kengayishini anglatadi.

Konstruksiyalarning ishonchliligi va uzoq muddat xizmat qilishi to'raligicha, bir tomondan, tashqi muhit, ikkinchi tomondan — konstruksiya xossalari o'rtasidagi birgalikda ishlash sharoitlari bilan belgilanadi. Ushbu jarayonning ancha murakkab ko'rinishi, hamda elementlarning o'zaro birga ishlashi birgina matematik ishonchlilik nazariyasi tushunchalari bilan cheklanish imkonini bermaydi.

Ishonchlilikni baholashga ikki xil nazariy yondashuv mavjud:

— birinchisi — ishonchlilik va uzoq muddat xizmat qilish tushunchasidan mustahkam o'rin olgan vaqt omilini e'tiborga olmaganda ehtimollik elementar nazariyasi apparatidan foydalanish;

— ikkinchisi — konstruksiya ishini yo'l qo'yiladigan holatlar sohasidan tasodifiy chiqish ko'rinishida taqdim etish.

Ishonchlilikka baho berish vazifasini kompleks darajada qo'yish quyidagilarni o'z ichiga oladi:

1) tashqi ta'sirlarning ehtimoliy berilishi (bayoni); 2) tizimni sxemalashtirish; 3) ushbu tizim statistika dinamikasi masalasini hal qilish; 4) tizimning ishdan chiqmay ishlash ehtimolini baholash va ushbu ehtimollikka ko'plab ta'sirlar va tizimlar bo'yicha baho berish.

Ishonchlilik nazariyasining global vazifalari qatoriga quyidagilarni kiritish lozim:

1) berilgan ishonchlilikka ega bo'lgan tizimlar sintezi tamoyillarini shakllantirish; 2) ishonchlilik hamda xizmat qilish muddatini oshirish usullarini ishlab chiqish; 3) iqtisodiy jihatdan asoslangan ishonchlilik hamda uzoq muddat xizmat qilish me'yoriy qiymatlarini aniqlash; 4) berilgan ishonchlilik darajasini ta'minlaydigan sifat nazorati va sinov usullarini asoslab berish.

V.V. Bolotin (6—8) zamonaviy hisob-kitob nazariyasi asosiga qo'yilgan qoidalarini shakllantirib berdi.

Birinchi qoida konstruksiya (inshoot)ga tashqi ta'sirlar va uning foydalanish jarayonida ishlashi vaqtga bog'liq bo'lgan tasodifiy jarayonlar hisoblanishini aniq ifodalashdan iborat. Ishonchlilik va uzoq muddat ishlash muammolarini tasodifiy funksiyalar apparatini jalb etgan holda hal qilish mumkin.

Ikkinchi qoida muayyan yo'l qo'yiladigan sohada tizim parametrlari ishonchliligi va ehtimolligi uyg'unlashtirishdan iborat bo'lib, ishonchlilikning buzilishi esa ushbu sohadan chiqib ketish hisoblanadi.

Transport inshootlari konstruksiyalari va umuman inshootlar uchun bunday chetlashish harakat tezliklari ortishi va transport yuklari ortishi, yo'l qo'yib bo'lmaydigan deformatsiyalar va shikastlanishlar yuzaga kelishi, suv chiqarib yuboradigan tirqishlar kichikligi, muzlashlar kabilar tufayli ishlashini to'xtatish bilan teng.

Uchinchi qoida shundan iboratki, odatda, ishdan chiqishlar shikastlanishlar, qoldiq deformatsiyalar, yedirilish, yoriqlarning xaddan tashqari rivojlanishi, metall va armatura zanglashi, sovuq va shamol ta'siri, beton karbonlashuvi kabilarning asta-sekin yig'ilishi oqibatida kelib chiqadi.

Konstruksiya (inshoot) ishonchliligi sharti undan foydalanish vaqti davomida quyidagi ko'rinishga ega:

$$P(t) \geq P_n, \quad (7.1)$$

bu yerda $P(t)$ — konstruksiyadan foydalanish vaqti davrida uning ishdan chiqmay ishlash ehtimoli t ; P_n — konstruksiya ishdan chiqmay ishlashi ehtimolining me'yoriy qiymati.

(7.1) tengsizlikning chap qismi konstruksiya uchun xavfli holat tashqi yuk (omil) S kuchi (ta'siri) konstruksiyaning yuk ko'tarish imkoniyati F dan ortiq bo'lgan holda kelib chiqishini anglatadi, ya'ni

$$S - F > 0 \quad (7.2)$$

$[1 - P(t)]$ ehtimoli bilan.

(7.2) shartini mutlaq ijro etish talabi bema'no bo'lib hisoblanadi, chunki yuk (ta'sir)lar va yuk ko'tarish qobiliyati (funktional ko'rsatkichlar) tasodifiy xarakterga ega. Konstruksiya (inshoot) xavfsiz ishlashi ehtimoli hisob-kitobi uchun tizim (yuk, ta'sirlar) — (mustahkamlik, funksional ko'rsatkich) ning stoxatik xossalari aniqlanishi lozim, ya'ni istalgan vaqt momentida yuklar (ta'sirlar) va yuk ko'tarish imkoniyati (funktional ko'rsatkichlar) taqsimlanishi, shuningdek tasodifiy qiymatlar orasidagi zarur korrelatsion aloqalar bayon etilishi kerak. Transport inshootlari (masalan, ko'priklar va ularning turli ko'rinishlari) uchun ishdan chiqmay ishlashning ehtimoliy me'yoriy qiymati taxminan birga yaqin kattalikni tashkil etib, harakat xavfsizligi, qurilish va foydalanish xarajatlari minimumidan kelib chiqib aniqlanadi. Ishonchlilik sharti (7.1) konstruksiya (inshoot)larning barcha ehtimol tutilgan belgilariga nisbatan rioya qilinishi shart:

— **temir-beton oraliq qurilmalari uchun** — gidroizolatsiya shikastlanishi va harorat va namlik ta'sirida, yuklar ko'p marta qaytarilganida armatura va beton chidamliligi resursining tugashi, mustahkamlik va deformativ xossalari bo'yicha yuk ko'tarish qobiliyatining yo'qolishi natijasida beton himoya qatlaminin yemirilishi, armatura chirishi;

— **metall oraliq qurilmalari uchun** — himoya qoplamlarining qoniqarsiz holati va ularning o'z vaqtida bajarilmaganligi tufayli,

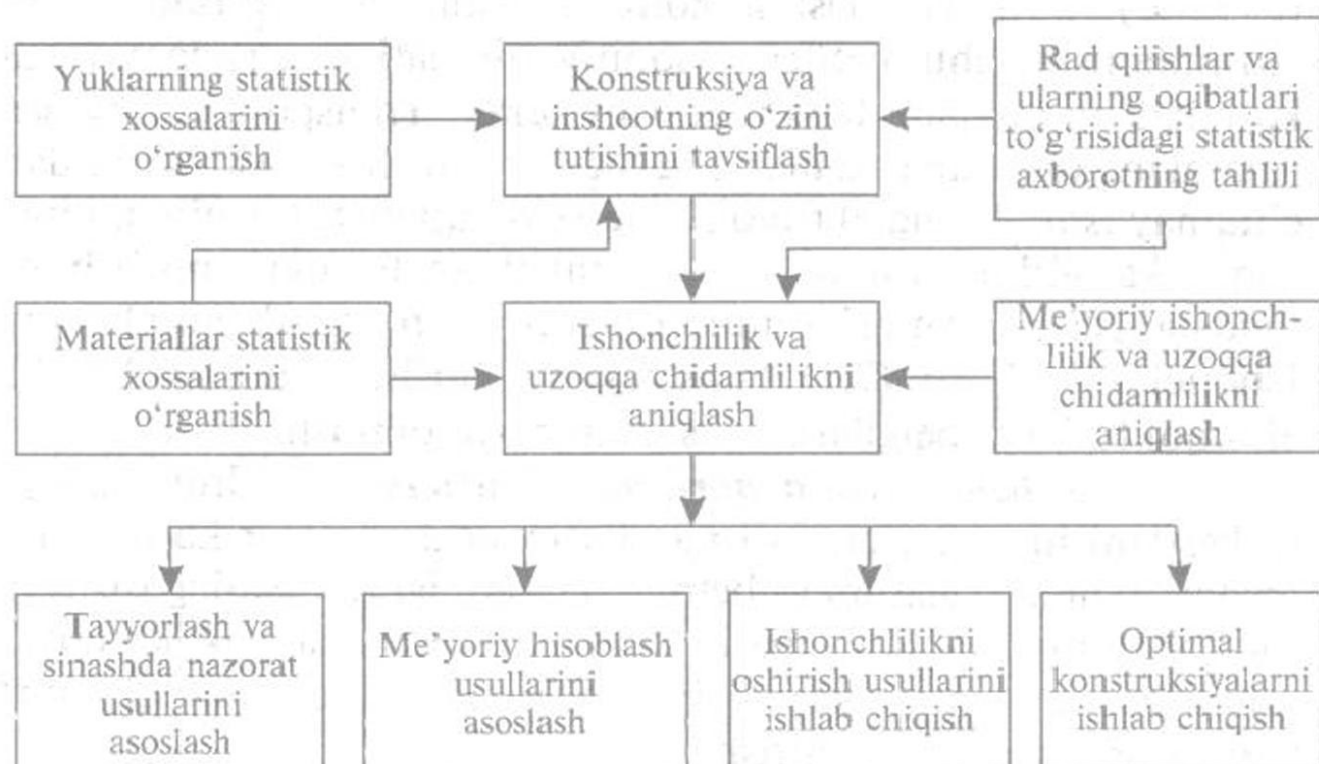
yuklar ko'p marotaba qaytarilganida metall chidamliligi resursining tugashi, ulanmalar bo'shashishi, hamda mexanik shikastlanishlar oqibatida mustahkamlik va deformativ xossalari bo'yicha yuk ko'tarish qobiliyatining yo'qolishi natijasida metall chirishi;

— **ko'prik tayanchlari uchun** — terilgan tosh (g'isht) va asos grundi mustahkamligi, hamda asos grundi deformativligi (cho'kish, sovuqdan ko'tarilish, tayanchlar qiyshayishi), terilgan tosh (g'isht) materialining harorat va namlik ta'sirida yemirilishi (yoriqlar, yedirilish va h.k.) bo'yicha yuk ko'tarish qobiliyatining tugashi;

— **suv o'tkazgich quvurlar uchun** — temirbetondan yasalgan ko'prik tayanchlari va oraliq qurilmalariga o'xshash bo'g'inlar, seksiyalar va kallaklarning ishdan chiqish belgilari bo'yicha;

— **yaxlit inshootlar uchun** (ko'priklar va suv o'tkazgich quvurlar) — suv o'tkazuvchanlik qobiliyatining yo'qolishi, teshiklarining muz bo'laklari bilan to'lishi, ko'prik tayanchlari va kirishdagi ko'tarmalar zonasini suv yuvib ketishi va b.

Konstruksiya ishonchliligining umumiy tuzilmaviy sxemasi (7.1-rasm) omillarning (yuk, material mustahkamligi, asos gruntining geometrik o'lchamlari, fizik-mexanik tavsiflari, suv



7.1-rasm. Transport inshootlari konstruksiyalarining ishonchliligi hisob-kitobining tuzilmaviy sxemasi.

sarflari va h.k.) o'zgaruvchanligi xususidagi boshlang'ich ma'lumotlarni tayyorlash; konstruksiyalar tayyorlashning zarur sifatini ta'minlash; foydalanishning me'yoriy rejimlariga rioya qilish bilan bog'liq qator vazifalarning hal etilishini ko'zda tutadi.

Dastavval, keyinchalik hisob-kitoblarda qo'llanadigan o'zgaruvchan omillar to'g'risidagi axborotni jamlash, tahlil qilish va batafsil statistika ishlovidan o'tkazish talab etiladi. Yuk (ta'sirlar) va ko'taruvchanlik xususiyati (funktional ko'rsatkichlar) taqsimlanishini qurish, hamda konstruksiya (inshoot)ning rad qilmasdan ishlash ehtimoligini aniqlash ishonchlilik nazariyasi va ehtimollik nazariyasi (tasodifiy xodisalar nazariyasi, tanlov asosidagi taqsimlanish nazariyasi va b.) usullarini qo'llash orqali bajariladi.

Ishdan chiqishlar hamda ana shu ishdan chiqishlar oqibatlari to'g'risidagi statistika ma'lumotlarini yig'ish va tahlil qilish transport inshootlarining real foydalanish shart-sharoitlariga muvofiq ravishda ishdan chiqmay ishlash me'yoriy ehtimolini aniqlash masalasini hal qilish imkonini beradi. Transport inshootlarining ratsional konstruktiv shakllarini tanlashni asoslash maqsadida konstruksiyalarning izlanayotgan parametrlarini hisob-kitobning determinatsiyalangan usullari bilan birga optimalashtirish amalga oshiriladi.

Ishonchlilik sharti (7.1) texnik me'yorlar va yuk, ta'sirlar, materiallar, funksional ko'rsatkichlar hisobiy parametrlarining asosli tayinlanganligini tahlil qilishning samarali vositasi hisoblanadi. U ilmiy tadqiqotlar jarayonida turli-tuman vazifalarni hal qilish, transport inshootlari konstruksiyalarini tayyorlash va ulardan foydalanishda, shuningdek me'yoriy hujjatlarni takomillastirishda qo'llaniladi. Muhandislik hisob-kitoblarida ehtimolliklarni to'g'ridan-to'g'ri hisoblab aniqlash har doim ham maqsadga muvofiq bo'lmaydi, shu sababli ehtimoliy hisob-kitob mazmuni-mohiyatini (7.1) ga binoan o'zicha qoldirib, uni determinatsiyalangan shaklda bajarish mumkin:

$$\bar{S} \leq K_{XS} \bar{F} \text{ yoki } \bar{S} \leq \bar{F} / K_{ng} \quad (7.3)$$

Xususan, agar S va F normal qonunga binoan taqsimlangan bo'lsa, u holda

$$K_{XS} = \frac{1 - \sqrt{1 - (1 - \gamma^2 V_F^2)(1 - \gamma^2 V_S^2)}}{1 - \gamma^2 V_F^2} \leq 1;$$

$$K_{ng} = \frac{1}{K_{XS}} = \frac{1 + \sqrt{1 - (\gamma^2 V_F^2 - 1)(\gamma^2 V_S^2 - 1)}}{1 - \gamma^2 V_F^2} \geq 1. \quad (7.4)$$

Bu yerda K_{XS} — xavfsizlik koeffitsiyenti, u yuk (ta'sir)ning ehtimoliy xossalari va yuk ko'tarish imkoniyati (funktional ko'rsatkichlar)ga bog'liq; $\bar{S}$, $\bar{F}$ — yuk (ta'sir)lar va yuk ko'tarish imkoniyati (funktional ko'rsatkichlar)ning o'rtacha qiymatlari (matematik kutishlar); K_{ng} — ishonchlilik koeffitsiyenti; V_S , V_F — yuk (ta'sir) va yuk ko'tarish imkoniyati (funktional ko'rsatkichlar)ni variatsiyalash koeffitsiyentlari; γ — ishonchlilikning gauss darajasi (veroyatnosti $P = 0,9987$ ehtimoliylik $\gamma = 3$, $P = 0,99$ ga, $\gamma = 2,3$ esa $P = 0,95$ ga muvofiq keladi $\gamma = 1,64$).

Amaliy ilovalar uchun konstruksiya yoki inshoot ishidagi ishonchlilikning taxminiy hisob-kitoblarini, shuningdek statistik zaxira koeffitsiyenti K_{ZAX} (ishonchlilikning tavsifiy koeffitsiyenti)ni aniqlash orqali determinatsiyalangan shaklda bajarish mumkin bo'ladi

$$K_{ZAX} = \bar{F} / \bar{S}. \quad (7.5)$$

Ehtimoliylik nazariyasini transport inshootlari konstruksiyalari mustahkamligi hisob-kitoblariga nisbatan qo'llash yuzasidan tadqiqotlar chegaraviy holatlar bo'yicha hisob-kitoblarning eng zamonaviy usuliga o'tishda muhim o'rin tutdi. Bunda chegaraviy holat deganda konstruksiya yoki uning asosi kuchlar ta'sirida foydalanishga oid normal talablarga javob bermay qolishi tushuniladi.

Transport inshootlarini loyihalashtirishning zamonaviy me'yorlari, xususan QMQ 2.05.03-97, QMQ 3.02.01-77, QMQ 2.02.03-98 da qo'llangan chegaraviy holatlar bo'yicha hisob-kitob usulining fundamental ifodasi quyidagi ko'rinishda taqdim etiladi:

$$\sum_{i=1}^l \bar{S}_i n_{iS} \eta_{Si} \leq m \Phi(m_{oj} m_{Yj} \bar{R}_j \dots G_g), \quad (7.6)$$

bu yerda $\bar{S}_i$ yuk, kuchlarning konstruksiyaga ta'sir ko'rsatadigan me'yoriy (o'rtacha) qiymatlari; n_{is} — yuklar bo'yicha ishonchlilik ko'effitsiyentlari; η_{Si} — yuklarning uyg'unlashuv ko'effitsiyentlari; m — konstruksiyalar vazifasiga ko'ra ishlash sharoitining ko'effitsiyenti; m_{oj} — materialning bir xillik ko'effitsiyentlari; $\bar{R}_j$ — konstruksiya materiali, asos grundi mustahkamligining me'yoriy qiymatlari; G_g — konstruksiyalar, asoslar hisobiy kesimining geometrik omili.

Bu usulda konstruksiyaning chegaraviy holati birinchi o'ringa chiqishidan tashqari, u mustahkamlik shartlarining ehtimoliy mohiyatini aks ettirish imkonini beradi. Bunga ishonchlilik ko'effitsiyenti — $K_{ng} \geq 1$ ni (zaxira ko'effitsiyenti K_{zax}) (7.4), (7.5) shartlarga binoan yechimini topish, uni alohida komponentlarga ajratish va har bir komponentga u yoki bu qiymatlarning o'zgarishi tufayli ularga muayyan fizik ma'no berish bilan bog'liq.

Yuklar uchun ishonchlilik ko'effitsiyentlari tashqi yuklarning o'zgaruvchanligini tavsiflab, yuklarning bir qadar kichik yuzaga kelish ehtimoliga me'yoriy yuklarga nisbati sifatida aniqlanadi.

Bu holda $n_{is} = (1 + \gamma V_{Si})$.

Bir jinslilik ko'effitsiyentlari m_{oj} xuddi shu tarzda material, asos grundi mustahkamligi o'zgaruvchanligini tavsiflab, $n_{oj} = (1 + \gamma V_{Rj})$ shartidan kelib chiqib aniqlanadi.

Yuklarning uyg'unlashuv η_{Si} ko'effitsiyentlari alohida me'yoriy yukning boshqa yuklar bilan birga ta'sir ko'rsatishi ehtimolini tavsiflaydi, ya'ni $\eta_{Si} = P(S_i)$.

Material, asos grundi ish sharoitlari ko'effitsiyentlari $m_{yj} \geq 1$ konstruksiya materiallari mustahkamlik xossalarning tashqi muhit (iqlimiy va geofizik omillar), muvaqqat yuk ta'sirining siklliligi, konstruksiyalar ijrosining konstruktiv-texnologiya ijrosi ta'sirida o'zgarishi (ko'pincha kamayishi)ni belgilab beradi.

Aytish lozimki, transport inshootlari konstruksiyalari mustahkamligi va barqarorligining chegaraviy holatlari bo'yicha hisob-kitoblar kvazistatik hisob-kitoblar ko'rinishida taqdim etilib, ularda

transport yuklarining dinamik ta'siri dinamik koeffitsiyent $(1 + \mu)$ yordamida hisobga olinadi, bu yerda dinamik qo'shimcha hatto bir tipdagi konstruksiyalar ichida ham o'zgaruvchanligi bilan farqlanadi. Shu sababli, hisob-kitoblarda $\mu_{\max} = \bar{\mu}(1 + \gamma V_{\mu})$ deb qabul qilish kerak. Biroq, transport inshootlari konstruksiyalarini loyihalashda $\mu_{\max}$ empirik ifodalar qo'llanilib, ular harakatning kritik tezliklari tufayli transport yuklarida statik sxemalar, oraliqlar, konstruksiya materiallariga (oraliq qurilmalari, ko'priklar, tayanchlari) bog'liq ravishda ko'p sonli tajriba natijalari ma'lumotlariga statistika ishlov berish asosida izoh (interpretatsiya)langan bo'ladi.

K_{hg} (K_{ZAX}) η_{Si} , m_{oj} , m_{yj} koeffitsiyentlarini aniqlashda tegishli V_i , V_j variatsiya koeffitsiyentlari qo'llanilib, ularni quyidagi guruhlariga bo'lib taqdim etish mumkin:

1) doimiy V_{di} va vaqtinchalik V_{vi} yuk variatsiyalari koeffitsiyentlari, ular yuklar qiymatlarining me'yoriy (o'rtacha) qiymatlardan ehtimoliy noxush og'ishuvlarini hisobga oladi;

2) konstruksiya materiali va asos gruntlarining mustahkamlik V_{Ri} va boshqa fizik-mexanik tavsiflari V_{Xj} variatsiya koeffitsiyentlari, ular qator obyektiv va subyektiv xarakterga ega bo'lgan sabablarga ko'ra o'rtacha qiymatlardan ehtimoliy noxush og'ishuvlarni hisobga oladi;

3) geometrik tavsiflarning variatsiya koeffitsiyentlari V_{Gj} tayyorlash va qurilish bosqichida yuzaga keladigan, haqiqiy (loyihaviy) qiymatlardan ehtimoliy noxush og'ishuvlarni hisobga oladi.

Tasodifiy qiymatlarning taqsimlanishini normal tur qonuniga binoan quyidagicha hisoblaymiz (7.2-rasm);

$$f(S_i; R_j; G_j) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(X_{ij} - \bar{X}_{ij})^2}{2\sigma_x^2} \right], \quad (7.7)$$

bu yerda $X(S_i, R_j, G_j)$ — tasodifiy kattalik (qiymat); $\bar{X}_{ij}$ — tasodifiy kattalik (qiymat)ni matematik kutish $\bar{X}_{ij}$; σ_x — tasodifiy

kattalik (qiymat) standarti, u quyidagiga teng $\sigma_x = \bar{X}_{ij} V_X$ va texnik adabiyotlar va loyihalash me'yorlarida aks ettirilgan ko'p sonli statistika sinovlari ma'lumotlarini umumlashtirib, turli omillarning o'zgaruvchanlik parametrlarini (variatsiya koeffitsiyentlari) quyidagi tarzda tavsiflash mumkin bo'ladi (7.1-jadval). Bu holda chegaraviy holatlar bo'yicha hisob-kitob usuli interpretatsiyasida ishonchlilik koeffitsiyentlari sharti (7.4) quyidagi ifodaga ega bo'ladi:

$$K_{ng}(K_{ZAX}) = \frac{1 + \gamma \sqrt{V_{\Sigma F}^2 + V_{\Sigma S}^2 + V_{\Sigma G}^2}}{1 - \gamma^2 V_{\Sigma F}^2}, \quad (7.8)$$

bu yerda $V_{\Sigma F} = \sqrt{\sum V_{Fj}^2}$, $V_{\Sigma S} = \sqrt{\sum V_{Si}^2}$, $V_{\Sigma G} = \sqrt{\sum V_{G}^2}$ — tutib turish imkoniyati, yuklar, geometrik omillar tavsiflari variatsiyalarining umumlashtirilgan (summar) koeffitsiyentlari; γ — Gauss ishonchlilik darajasi.

Shunday qilib, chegaraviy holatlar bo'yicha, shaklan determinlashgan bo'lib qolsa ham, transport inshootlari konstruksiyalarining ehtimollik hisob-kitob usullari bilan yaqindan bog'liq.

ADABIYOTLAR

1. Ашрабов А. А., Раупов Ч. С. Основные определения и количественные показатели надёжности строительных систем. Учебное пособие для студентов (бакалавров и магистров) и аспирантов строительного профиля. ТашИИТ, 2005. - 83 с.

2. Ашрабов А. А., Раупов Ч. С. Метод предельных состояний в проектировании конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие для студентов (бакалавров и магистров) и аспирантов строительного профиля. ТашИИТ, 2005. - 50 с.

3. Ашрабов А. А., Раупов Ч. С. Методы вероятностных расчетов строительных конструкций. Учебное пособие для студентов (бакалавров и магистров) и аспирантов строительного профиля. ТашИИТ, 2005. - 111 с.

4. Авиром Л. С. Надёжность конструкций сборных зданий и сооружений. Л.: Стройиздат, 1971. - 215 с.

5. Г. Аугусти, А. Баратта, Ф. Кашиати. Вероятностные методы в строительном проектировании. Пер. с англ. Ю.Д. Сухова. - М.: Стройиздат, 1988. - 584 с.

6. Болотин В.В. Статистические методы в строительной механике. - М.: Стройиздат, 1965. - 279 с.

7. Болотин В.В. Применение методов теории вероятностей и теории надёжности в расчетах сооружений. - М.: Стройиздат, 1971. - 255 с.

8. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надёжности в расчетах сооружений. - М.: Стройиздат, 1982.

9. Васильев А.И. Потребительские свойства мостов: Труды СНИИС, выпуск №208. - М., 2002.

10. Васильев А.И. Вероятностная оценка остаточного ресурса физического срока службы железобетонных мостов: Труды СНИИС, выпуск №208. - М., 2002.

11. Васильев А.И. Основы надёжности транспортных сооружений. Учебное пособие. - М., МАДИ. - 46 с.
12. ГОСТ 27751-88*. Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения расчёта.
13. ГОСТ 26.002-83. Термины и определения по проблеме надёжности.
14. Голинкевич Т.А. Прикладная теория надёжности. - М.: Высшая школа, 1985. - 168 с.
15. Дмитриев Ю.В. Техническая диагностика и эксплуатационная надёжность железнодорожных малых искусственных сооружений: Монография. - Хабаровск: ДВГУПС, 1999. - 208 с.
16. Дмитриев Ю.В. Надёжность конструкций и оснований транспортных сооружений: Учебное пособие. - Хабаровск. ДВГУПС, 2003. - 110 с.
17. Иосилевский Л.И. Практические методы управления надёжностью железобетонных мостов. - М.: НИС «Инженер», 2005.
18. Кулиш В.И. Повышение эксплуатационной надёжности сталежелезобетонных мостов. - М.: Транспорт, 1992. - 104 с.
19. Лужин О.В. Вероятностные методы расчёта сооружений. - М.: Стройиздат, 1983. - 94 с.
20. Осипов В.О. Долговечность металлических пролётных строений эксплуатируемых железнодорожных мостов - М.: Транспорт, 1982. - 287 с.
21. Потапкин А.А. Оценка ресурса мостов с учётом дефектов и повреждений. Вестник мостостроения, №3, 1997.
22. Ржаницин А.Р. Теория расчёта строительных конструкций на надёжность - М.: Стройиздат, 1978. - 239 с.
23. Руководство по определению грузоподъёмности металлических пролётных строений железнодорожных мостов. МПС. - М.: Транспорт. 1987. - 272 с.
24. Руководство по пропуску подвижного состава по железнодорожным мостам / СП МПС. - М.: Транспорт,

1993. - 386 8. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы / Минстрой России. - М.: ГП СПП, 1996. - 214 с.

25. Стрелецкий Н.С. К вопросу развития методики расчета по предельным состояниям. - М., 1966.

26. Стрелецкий Н.С. Основы статистического учёта коэффициента запаса прочности конструкций. - М.: Госстройиздат, 1947. - 94 с.

27. Чирков В.П. Вероятностные методы расчёта мостовых железобетонных конструкций. - М.: Транспорт, 1980. - 134 с.

28. Шестериков В.И. (руководитель разработки) Методика расчётного прогнозирования срока службы железобетонных пролётных строений автодорожных мостов. - М.: Росавтодор, 2004.

MUNDARIJA

Kirish	3
I BOB. Transport inshootlari konstruksiyalari ishonchliligining asosiy qoidalari va tavsiflari	7
1.1. Umumiy qoidalar	7
1.2. Qurilish tizimlari ishonchliligi nazariyasining asosiy terminologik tushunchalari	12
1.3. Inshoot konstruksiyalarida ishdan chiqish va nuqsonlar tushunchalari va tasnifi	17
1.4. Inshootlar ishonchliligini belgilaydigan omillar	27
1.5. Ishonchlilik mezonlari va miqdoriy ko'rsatkichlarini belgilab olish uchun umumiy yondashuvlar	33
II BOB. Qurilish konstruksiyalarini chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash uslubiyotining asoslari	44
2.1. Ko'priklarni hisoblash va ularni loyihalash usullari taraqqiyotining tarixiy bosqichlari	44
2.2. Ruxsat etilgan kuchlanishlar bo'yicha hisoblashdan chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblashga o'tish	55
2.3. Chegaraviy holatlar bo'yicha hisoblash usulining mohiyati	58
III BOB. Vaqtinchalik yuklarning ehtimoliy tavsiflari va ularning uyg'unlashuvi. Ishonchlilik koeffitsiyentlari	67
IV BOB. Konstruksiya materiallarining mustahkamlik tavsiflari va ularning ishonchlilik koeffitsiyentlari	80
4.1. Materiallar qarshiligi tavsiflarining o'zgaruvchanligi va ularga tegishli hisobiy koeffitsiyentlar tizimi	80
4.2. Marka, sinf va betonning siqilishga hisobiy qarshiligi orasidagi nisbat	89
4.3. Ish sharoitlari koeffitsiyentlari va boshqa xususiy koeffitsiyentlar	91
4.4. Xorijiy me'yorlar bo'yicha temirbeton ko'priklar konstruksiyalarini loyihalashning o'ziga xos xususiyatlari	98

V BOB. Me'yoriy xizmat muddatlari va vaqtinchalik yuklar qiymatini optimallashtirish	105
VI BOB. Konstruksiyalar mustahkamlik zaxirasining ehtimoliy asosi	108
6.1. Chegaraviy tengsizlik	108
6.2. A. S. Streletskiy bo'yicha sinmaslik kafolati	109
6.3. A.R. Rjanitsin bo'yicha xavfsizlik tavsifi	110
VII BOB. Transport inshootlari konstruksiyalari ishonchliligini hisoblashning asosiy konsepsiyalari va vazifalari	113
<i>Adabiyotlar</i>	122

**Ashrabov Anvar Abbasovich,
Raupov Choriqul Salixovich**

FOYDALANISHDAGI TRANSPORT INSHOOTLARINING ISHONCHLILIGI

I QISM

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan 5A340603 — «Ko'priklar va transport
tonnellari ekspluatatsiyasi» mutaxassisligi magistratura
talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan*

Toshkent — «Voris-nashriyot» — 2014

<i>Muharrir</i>	<i>M. Akramova</i>
<i>Badiiy muharrir</i>	<i>Sh. Xodjayev</i>
<i>Musahhih</i>	<i>S. Akramov</i>
<i>Sahifalovchi</i>	<i>S. Po'latov</i>